

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

Институт цифровых и интеллектуальных систем

Факультет компьютерных наук и технологий

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
И ТЕХНОЛОГИЙ – 2025

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 95-летию ВГЛУ и 80-летию Победы
в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов

Воронеж, 20 февраля 2025 г.

Воронеж 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G.F. MOROZOV»

Institute of Digital and Intelligent Systems

Faculty of Computer Science and Technology

MODELING INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES – 2025

Materials of the International Scientific and Practical Conference
dedicated to the 95th anniversary of Voronezh State Forest Engineering University
named after G. F. Morozov and
the 80th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War of 1941-1945

Voronezh, February 20, 2025

Voronezh 2025

М74 Моделирование информационных систем и технологий – 2025 : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛУ и 80-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов, Воронеж, 20 февраля 2025 г. / отв. ред. В. К. Зольников, А. И. Заревич ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – Воронеж, 2025. – 686 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2025/modelirovanie-informacionnyh-sistem-i-tehnologii/>. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1174-9

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции, проведенной Воронежским государственным лесотехническим университетом 20 февраля 2025 г., разбитые на секции: «Системный анализ, управление, обработка информации»; «Системы автоматизации проектирования»; «Современная электронная компонентная база». Целью конференции является ознакомление с результатами новейших научных достижений, обмен знаниями и передовым опытом в области моделирования информационных систем и процессов, привлечение наиболее способных студентов к выполнению научных исследований.

Материалы конференции предназначены для широкого круга специалистов промышленности и образования, научных работников, аспирантов и студентов высших учебных заведений, специализирующихся в вопросах информатизации, моделирования систем и процессов, автоматизированного проектирования.

УДК 004

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Драпалюк Михаил Валентинович, ректор ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», д.т.н., профессор.

Куцько Павел Павлович, Генеральный директор АО «НИИЭТ», к.т.н.

Морковина Светлана Сергеевна, проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», д.т.н., профессор.

Зольников Владимир Константинович, директор Института цифровых и интеллектуальных систем ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», д.т.н., профессор.

Скворцова Татьяна Владимировна, декан факультета компьютерных наук и технологий, к.т.н., доцент.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Кравченко Андрей Сергеевич, заведующий кафедрой вычислительной техники и информационных систем ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», к.т.н., доцент.

Аникеев Евгений Александрович, заведующий кафедрой компьютерных технологий и микроэлектронной инженерии ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», к.т.н., доцент.

Ягодкин Александр Сергеевич, заведующий кафедрой информационных технологий ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», к.ф.-м.н., доцент.

Заревич Антон Иванович, доцент базовой кафедры технического и программного обеспечения вычислительных и информационных систем ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», к.т.н.

Смерек Владимир Андреевич, начальник отдела проектирования СБИС АО «НИИЭТ», к.т.н.

Макаренко Филипп Владимирович, доцент базовой кафедры технического и программного обеспечения вычислительных и информационных систем, к.ф.-м.н.

Потапов Игорь Петрович, главный научный сотрудник отдела проектирования СБИС АО «НИИЭТ», к.т.н.

Зольников Константин Владимирович, ведущий инженер отдела проектирования СБИС АО «НИИЭТ», к.т.н.

Таперо Константин Иванович, заместитель генерального директора по науке и инновациям АО «НИИП», д.т.н.

Бойко Владимир Иванович, заместитель генерального директора по развитию АО «ВЗПП-сборка», к.т.н.

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Смерек Владимир Андреевич – к.т.н., начальник дизайн-центра проектирования ИМС АО «Научно-исследовательский институт электронной техники».

Потапов Игорь Петрович – к.т.н., главный научный сотрудник АО «Научно-исследовательский институт электронной техники».

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ, ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Авдеев К.А., Карташов А.О., Коломейчук А.Е. Виды систем с неопределенностью	12
Арапов Д.В., Алексеев В.Р., Озеров А.И. Микросервисы: подход к построению масштабируемых систем	18
Асанов Т.Э., Собенина О.В., Сафонова И.В. Исследование карт Карно	25
Богданович Е.С., Локтева Д.В., Сахаров С.Л. История возникновения C++.....	30
Борисов В.А., Юдина Н.Ю. Модель ресурсного взаимодействия конкурирующих систем в рыночных отношениях	35
Журавлёва О.А., Суринова Г.В., Потапов А.Н. Систематическая выборка	41
Карташов А.О., Рудова А.В., Неминуший М.Д. Почему в компьютерной среде используется восьмеричный код?.....	46
Мальцев В.А., Ачкасов А.В., Ватуев А.С. Зачем используют 64-битную систему компьютера	53
Осипов М.А., Тарасова Н.А., Григорьев А.В. Системы счисления	59
Павловский В.В., Оксюта О.В., Аджиева В.Я. Исследование устойчивости объектов и систем автоматического регулирования	67
Полуэктов А.В., Заревич А.И., Макаренко Ф.В. Математические методы аппроксимации данных.....	73
Прокопенко И.А., Скворцова Т.В., Павлов А.Ю. Статистический метод обработки данных.....	82
Скворцова Е.И., Климентьев С.Р., Федоров В.Ю. Функции Шеффера и Пирса	87
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Шапкин В.С. Интегральные характеристики векторных полей.....	91
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Охрименко Д.М. Математическое моделирование закона Кулона.....	101
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Охрименко Д.М. Первое начало термодинамики и энтальпия.....	108

Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Смирнова Е.В. Дифференциальная форма записи электростатики вакуума	115
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Бучнев С.О. Математическое моделирование и второе начало термодинамики	123
Сморчков С.В., Миронов Г.Д., Заика А.Н. Поглощение в алгебре логики	133
Сухарский А.В., Луцко Д.П., Дубов А.А. Операция конъюнкция и её алгоритмическая реализация.....	138
Фролов С.В., Шапкин В.С., Коновалов И.В. Операция дизъюнкция и её алгоритмическая реализация.....	147
Чечукова К.О., Скворцова Т.В. Технологии блокчейн. Применение за пределами криптовалют	156
Шастин М.В., Бордюжа О.Л., Грошева Е.В. Канонические формы логических функций: основы и применение.....	161
Щербаков В.А., Дыхно А.В., Сухарский А.В. Анализ и синтез предметной области исследования выявление требований к системе и путей оптимизации.....	168

СЕКЦИЯ 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Андрюшин А.А., Палаткин В.Н., Денисова О.А. DevOps и непрерывная интеграция/непрерывное развертывание (CI/CD): трансформация процессов разработки программного обеспечения	179
Андрюшин А.А., Аджиева В.Я., Симоненко А.С., Денисова О.А. Использование искусственного интеллекта в веб-разработке	185
Анциферова В.И., Мальцев А.С., Рытов М.Ю. Зачем используют 32-разрядную систему компьютера.....	193
Бучнев С.О., Афанасова Я.А., Литвинов Н.Н. Разработка CRM-системы в Telegram.....	200
Гурин К.А., Собенина О.В., Сморчков С.В. Анализ экспериментальных данных с использованием вычислительных машин	206
Давыденко Д.С., Акименко А.В., Хассан Мохаммад Махди. Компьютерное зрение на основе нейросети YOLO: принципы, методы и перспективы	211

Даурова Ф.Х., Зольников В.К., Сазонова С.А. Настройка бюджетирования в «1С:Комплексной автоматизации».....	218
Даурова Ф.Х., Зольников В.К., Сазонова С.А. Основные объекты технологической модели в Business Studio.....	229
Землянухин М.С., Шмаков Е.В. Арапов Д.В. Метод обработки больших данных с использованием технологий машинного обучения: Tensorflow и Pytorch	238
Злобин Е.А., Кравченко А.С., Петрова А.В. Преимущества применения языка программирования С# и фреймворка ASP.NET для разработки маркетплейса с модулем аналитики.....	243
Золотухина Н.И., Зольников В.К., Сазонова С.А., Плотников А.М. Имитационное моделирование количественных параметров интенсивности нагрузки сегментов в корпоративных сетях связи.....	252
Золотухина Н.И., Зольников В.К., Сазонова С.А., Скоркин И.В. Состояние пользовательского трафика в современных корпоративных сетях связи	261
Козолий А. Л., Фарисеева А. В., Заленская Н.Ю. Эволюция моделирования в fashion-индустрии	270
Коняева А.Р., Акименко А.В. Махато Дханук Раджан. Применение информационных технологий в свиноводстве	277
Косых В.Д., Лемза С.А., Брославский Д.Р. Моделирование и симуляция в здравоохранении.....	284
Кузнецова Е.М., Юдина Н.Ю. Анализ существующих алгоритмов поиска и ранжирования	291
Кузнецова Е.М., Юдина Н.Ю. Построение базы данных поисковой системы.	297
Кун Яньсинь, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Исследование интеллектуальной системы диагностики медицинских изображений на основе глубокого обучения	304
Кутепова О.Ю, Зольников В.К., Сазонова С.А. Вредные и опасные производственные факторы на рабочем месте инженера службы автоматизированной системы управления	312
Мальцев В.В., Ачкасов А.В., Бунеев И.А. Современные методы ИИ-оптимизации параметров 3D-печати.....	321

Мэй Ифань, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Разработка информационной системы для управления торговыми процессами магазина.....	328
Мэй Ифань, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Основы процесса симуляционного и стохастического моделирования	335
Назарова А.К., Скворцова Т.В., Кравченко А.С. Имитационное моделирование для эффективной защиты информационных сетей.....	341
Оксюта О.В., Иванников В.А., Толкачев А.В. Межпроцессное взаимодействие в микросервисной архитектуре	345
Оксюта О.В., Белоштанов Н.С., Кущева И.С. Проектирование базы данных для учета продукции склада предприятия	350
Оксюта О.В., Бойченко В.А., Бордюжа О.Л. R2DBC-драйвер: реактивное взаимодействие с реляционными базами данных.....	358
Палаткин В.Н., Андриюшин А.А., Гетманцев Д.Д. Использование логистической регрессии для прогнозирования пожаров на основе метеорологических данных	363
Перов С.И., Бучнев С.О., Голубятников И.С. Моделирование бизнес-процессов.....	369
Петров Б.Я., Анциферова В.И., Солодилов М.В. Исследование и разработка моделей прогноза продаж на основе методов корреляции и регрессии.....	375
Пимонова М.Ю., Заревич А.И., Асадуззаман. Автоматизация процесса обработки заявок в службе технической поддержки страховой компании	381
Пимонова М.Ю., Заревич А.И., Ислам Мд Мухаимен. Современные подходы к автоматизации бизнес-процессов в страховой отрасли	388
Полужтков А.В., Заревич А.И., Макаренко Ф.В. Сравнительный анализ языковых моделей ИИ	394
Сванидзе В.О., Зольников К.В., Сазонова С.А., Озеров А.И. Анализ систем генерации тестовых последовательностей	404
Сванидзе В.О., Зольников К.В., Сазонова С.А. Дорохов В.А., Харченко М.Э. Верификация и генерация тестов сложных цифровых систем.....	414
Силонов В.И., Прокопенко И.А., Заленская Н.Ю. Моделирование систем обслуживания: проблемы и решения	424

Спесивцев Г.А., Ильин Е.С., Миронов Г.Д. Интеграция искусственного интеллекта в информационные системы	430
Федоров В.Ю., Богданович Е.С., Голубятников И.С. Отличия обработки информации нейросетями от браузера.....	437
Чистякова Д.Д., Арапов Д.В. Моделирование таксационных показателей лесных древостоев посредством нейронных сетей.....	442
Шевырева Е.В., Арапов Д.В., Иванин П.С. Моделирование успеваемости студентов посредством нейронных сетей.....	450
Ягодкин А.С., Прокопенко И.А., Суринова Г.В. Визуализация и представление данных	455
Янчуркина Г.А., Аникеев Е.А. Анализ данных при исследовании информационной системы для определения дефектов древесины с применением нейросетевого подхода	462
Янчуркина Г.А., Аникеев Е.А. Программные инструменты с открытым кодом для выявления пороков древесины с помощью компьютерного зрения.....	469

СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

Алфимов А.В., Дроздов Д.С., Заревич А.И. Моделирование работы различных устройств на базе усилителей разных типов с помощью симулятора Qucsstudio	475
Аникеев Е.А., Акименко А.В., Занин И.Н. Перспективы RISC-V архитектуры в разработке микропроцессоров	482
Витвицкий А.В., Зольников К.В., Ачкасов А.В. Принцип работы дешифраторов	489
Гасанбекова Е.А., Зольников В.К., Сазонова С.А., Чубунов П.А. Анализ характеристик космического пространства и их влияние на электронную компонентную базу	495
Гасанбекова Е.А., Зольников В.К., Сазонова С.А., Колесников М.И., Попов В.А. Оценка стойкости электронной компонентной базы.....	504

Горбач Д.А., Зольников В.К., Сазонова С.А., Яковлев С.А., Фиронов В.А. Автоматизированное проектирование стойких к воздействию излучения изделий электронной компонентной базы.....	513
Горбач Д.А., Зольников В.К., Сазонова С.А. Результаты испытаний микросхемы 1273НВ014 при воздействии специальных факторов	522
Грошева Е.В., Зольников В.К., Сазонова С.А. Моделирование работы сложных цифровых систем.....	531
Грошева Е.В., Зольников В.К., Сазонова С.А., Ачкасов Д.А. Описание работы процессора с системой команд TMS320C50	541
Иванищенко Д.Б., Сазонова С.А., Актер Салма, Заревич А.И., Грошев А.С. Моделирование радиационных эффектов в криптографических микросхемах для космического применения.....	550
Иванищенко Д.Б., Сазонова С.А., Актер Салма, Заревич А.И., Смерек В.А. Разработка радиационно-стойких библиотек элементов для криптографических микросхем	557
Ильин Е.С., Симakov М.А., Андрюшин А.А. Выращивание монокристаллического кремния	562
Ильин Е.С., Шабuлина К.В., Тараканов А.С. Современные микроконтроллеры	568
Кун Яньсинь, Аникеев Е.А., Акамcина Н.В. Исследование ключевых технологий и реализация радиационно-стойких силовых интегральных схем	572
Кутепова О.Ю, Зольников В.К., Сазонова С.А. Анализ методов защиты информации от утечки по акустическим и виброакустическим каналам	580
Лу Ситянь, Аникеев Е.А., Акамcина Н.В. Исследование температурных характеристик устройств на базе GaN HEMT	590
Лу Ситянь, Аникеев Е.А., Акамcина Н.В. Разработка интеллектуальной системы управления данными для микроэлектронных производств	599
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Зольников В.К. Основные проблемы неисправностей беспилотных летательных аппаратов	611

Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Использование аккумуляторов в беспилотных летательных аппаратах	618
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Шапкин В.С. Оборудование для игры «Ворошиловский стрелок»	624
Скворцова Е.И., Ягодкин А.С., Подгорный М.Г., Черняков А.С., Корецкий Д.К. Выявление аппаратных ошибок в информационных системах	629
Строгонов А.В., Бордюжа О.Л. Разработка управляющего автомата микропроцессорного ядра RISC-V для реализации в базисе ПЛИС	633
Талиманчук В.А., Коваль А.А., Кущева И.С., Заревич А.И. Исследование RC-фильтра низких частот (LPF) с помощью симулятора электрических цепей...	639
Тен Р.В., Кандауров И.А., Татаренков Е.А. Автоматизация проектирования игровых графических процессоров: методы оптимизации архитектуры для Ray Tracing и AI-ускорения	646
У Лунлун, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Конструирование и реализация системы координированного инициативного обратного звука по сбору дальнеконечных данных в сельском хозяйстве на основе AIoT	651
У Лунлун, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Платформа проектирования интегральных схем на основе больших данных: интеграция и инновации в моделировании, автоматизированном проектировании и реализации компонентов.....	661
Цзянь Ю, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Исследование многоспектрального одномерного подхода к моделированию на основе одномерных моделей Gaussian	671
Цзянь Ю, Аникеев Е.А., Акамсина Н.В. Разработка и внедрение радиоприемника в микроволновом диапазоне	676
Шевченко А.В., Спесивцев Г.А. Интеграция ИИ в электронику	682

СЕКЦИЯ 1

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ, ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

DOI: 10.58168/MIST2025_12-17

УДК 004.9

ВИДЫ СИСТЕМ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ

К.А. Авдеев¹, А.О. Карташов¹, А.Е Коломейчук¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной исследовательской работе было рассмотрено и изучено понятие “Виды систем с неопределенностью”. Была изучена соответствующая литература для получения информации. Так же пришли к выводу для чего они используются.

Ключевые слова: неопределённость, стохастическая неопределённость, нечёткая неопределенность, интервальная неопределенность.

TYPES OF SYSTEMS WITH UNCERTAINTY

K.A. Avdeev¹, A.O. Kartashov¹, A.E Kolomeychuk¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this research work, the concept of “Types of systems with uncertainty” was considered and studied. The relevant literature was studied to obtain information. We also came to the conclusion for what they are used.

Keywords: uncertainty, stochastic uncertainty, fuzzy uncertainty, interval uncertainty.

Введение

На сегодняшний день процессы обработки информации имеют важную роль в сфере принятия решений. Порой системы сталкиваются с так называемой «неопределенностью», которая скорее всего появляется из-за того, что имею-

щихся данных недостаточно или же возникают неточности в измерениях. Неопределенность относят к важной части в различных технологических процессах, её существование является решающим фактором для улучшения производительности или же надёжности некоторой системы. В данной статье, рассматриваются основные виды систем с неопределённостью. А именно: стохастическая неопределённость, нечёткая неопределённость, интервальная неопределённость.

Основная часть

Неопределённость в системах ОИ – это состояние, при котором нереально определить поведение системы или её результат работы. Понятие неопределённости можно связать вместе с:

- 1) Недостатком количество информации (отсутствие каких-либо параметров системы).
- 2) Неточностью (поступающая информация может содержать ошибки в измерениях).
- 3) Сложностью системы (результат может быть не совсем правильным, либо близким к правильному решению, это связано с тем, что имеется большое количество взаимодействующих элементов).
- 4) Случайные факторы (какие-либо внешние воздействия на процессы)

Виды систем с неопределённостью.

- 1) Стохастическая система – модель, в которой неизвестные факторы учитываются и представляют собой случайные величины, при которых известны функции распределения и характеристики.

Стохастическая модель

Цель исследования стохастической модели – нахождение характеристик объекта моделирования в стационарном состоянии (стационарные вероятности), т.е. состояние объекта, когда время стремится к бесконечности ($t \rightarrow \infty$).

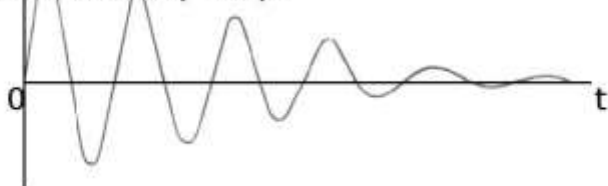


Рисунок 1 – Стохастическая модель

В свою очередь к стохастической модели с неопределённостью относят: AR-модель (описывает временной ряд, где значение зависит от предыдущих значений, при наличии случайного шума).

$$X_t = \alpha X_{t-1} + \epsilon_t,$$

где X_t – значение временного ряда в момент времени t , α – коэффициент, а ϵ_t – случайный шум.

Рисунок 2 – AR-модель

Модель Монте-Карло (использует случайные выборки для анализа сложных систем).

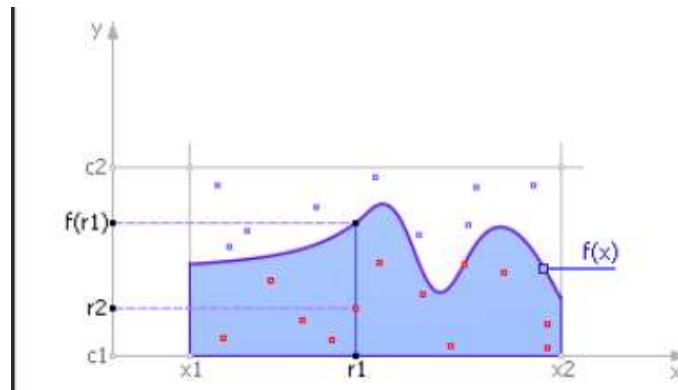


Рисунок 3 – Модель Монте-Карло

2) Нечёткая неопределённость – система, возникает тогда и только тогда, когда параметры системы не могут быть с точностью определены и описываются с помощью «нечётких множеств».

3) Интервальная неопределённость – система, в которой известны значения параметров в пределах определённого интервала.

В отличие от стохастической неопределённости, где данные описываются вероятностными распределениями, интервальная неопределённость предполагает, что точное значение параметра находится в диапазоне некоторого интервала. Такой подход часто используется в различных задачах, где точные измерения невозможны, а также данные могут содержать неточности.

Виды неопределенностей и методы их разрешения.

Существует несколько видов неопределенностей

$$\left[\frac{0}{0}\right], \left[\frac{\infty}{\infty}\right], [0 \cdot \infty], [1^{\infty}], [\infty - \infty], [\infty^0], [0^0].$$

Неопределенность вида $\left[\frac{\infty}{\infty}\right]$ (бесконечность деленная на бесконечность).

Выражение под знаком предела представляет собой частное многочленов любой степени.

$$f(x) = \frac{P_n(x)}{Q_m(x)}$$

Рисунок 4 – Интервальная неопределённость

Методы работы с интервальной неопределённостью

1) Интервальная арифметика – математический аппарат, используемый для выполнения операций, связанных с интервалами. Позволяет учитывать неопределенность в математических операциях.

- Сложение: $[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$.
- Вычитание: $[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c]$.
- Умножение: $[a, b] \cdot [c, d] = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)]$.
- Деление: $[a, b] / [c, d] = [a, b] \cdot [1/d, 1/c]$ (при условии, что $0 \notin [c, d]$).

Рисунок 5 – Интервальная арифметика

2) Интервальная оптимизация – используется для решений интервальной неопределённости.

$$\min f(x), \quad x \in [a, b],$$

где $f(x)$ — целевая функция, а x — переменная, принимающая значения в интервале $[a, b]$.

Рисунок 6 – Интервальная оптимизация

Эти методы полезны для более глубокого понимания систем с неопределённостью, их применение в различных областях, а также в обработке данных.

Заключение

В ходе проделанной лабораторной работы были изучены “Виды систем с неопределенностью”. С уверенностью можно сказать, что системы с неопределённостью представляют собой очень важный класс систем, в котором требуется специальный подход к обработке информации. В зависимости от обстоятельств и условий задач, могут применяться разные виды систем с неопределённостью. А именно стохастические, нечёткие, интервальные. Учёт неопределённости помогает повысить точность системы в сложных условиях. Применение данных методов является ключевым фактором для проектирования и управления современными ТС.

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY
2. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ
3. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL
4. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
5. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FVBHJO.

6. Акименко, А. В. Алгоритм расчета теплопритоков холодильника / А. В. Акименко, Е. А. Аникеев, Р. Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

References

1. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY

2. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ

3. Vysotskaya, I. A. Justification of information and intellectual support of the operating principles of technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

4. Computer modeling of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

5. Sumin, V. I. Using situational modeling in developing decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

6. Akimenko, A. V. Algorithm for calculating refrigerator heat inflows / A. V. Akimenko, E. A. Anikeev, R. Yu. Medvedev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, No. 2. – P. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

МИКРОСЕРВИСЫ: ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ МАСШТАБИРУЕМЫХ СИСТЕМ

Д.В. Арапов¹, В.Р. Алексеев¹, А.И. Озеров¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе рассматривается микросервисная архитектура как современный подход к разработке приложений. Описываются ключевые принципы – это параллельная разработка разработчиков, использование Docker и Kubernetes и независимость микросервисов. Выделяет преимущества: гибкость и устойчивость к сбоям. Сравнение двух архитектур, когда и зачем переходить на микросервисы.

Ключевые слова: Микросервис, Архитектура, Монолит, Docker, Kubernetes, Приложение.

MICROSERVICES: AN APPROACH TO BUILDING SCALABLE SYSTEMS

D.V. Arapov¹, V.R. Alekseev¹, A.I. Ozerov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper examines microservice architecture as a modern approach to application development. The key principles described are parallel development by developers, the use of Docker and Kubernetes, and the independence of microservices. Highlights advantages: flexibility and resilience to failures. Comparison of two architectures, when and why to switch to microservices.

Keywords: Microservice, Architecture, Monolith, Docker, Kubernetes, Application.

Введение

Все чаще для разработки приложения выбирают микросервисную архитектуру. Компании хотят более гибкие и масштабируемы приложения, что микросервисы могут как раз предоставить. Из-за таких преимуществ как раз и выбирают микросервисы. Если компании важно быстро реагировать на изменения и

внедрять новые функции, поэтому микросервисы открывают множество возможностей для создания.

Микросервисная архитектура

Микросервисная архитектура или микросервисы – это архитектурный подход к разработке, где приложение разделяется на небольшие сервисы, которые отвечают только за свой блок и может разрабатываться независимо от других сервисов. Такая архитектура позволяет брать большое монолитное приложение и разделить его на маленькие управляемые сервисы.

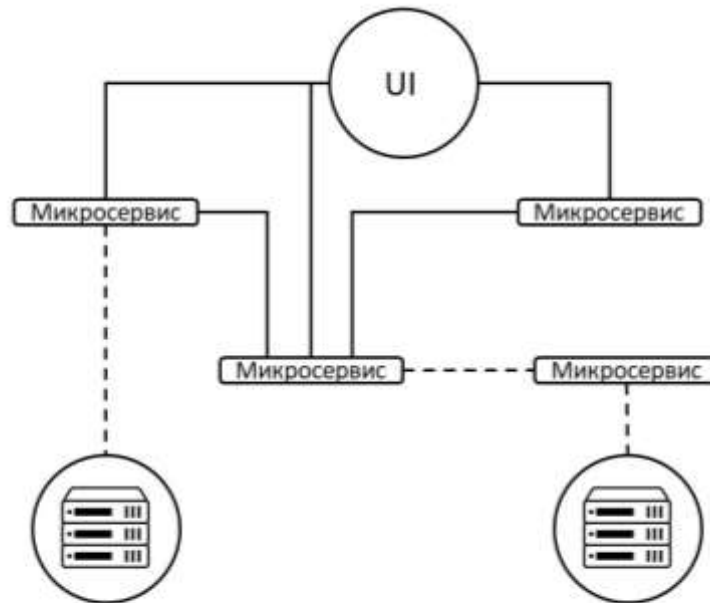


Рисунок 1 – Микросервисная архитектура

Преимущество микросервисов

Микросервисы имеют множество преимуществ, которые упрощают разработку. К этим преимуществам относятся:

1. Масштабируемость – микросервисы можно масштабировать независимо от других, что позволяет распределить ресурсы туда, где больше в них нуждаются;
2. Гибкость – каждый микросервис может быть разработан на разных языках программирования, что позволяет выбирать оптимальные технологии для каждой задачи. Например, для высокопроизводительных частей можно использовать C++, а для остальных — Java;
3. Устойчивость к сбоям – так как сервисы практически не связаны между собой, если даже один из сервисов выйдет из строя – это не повлияет на

всю систему. Такой сбой можно исправить, не затрагивая остальные компоненты;

4. Распределенная разработка – благодаря микросервисам, разработка продукта может быть распределена между несколькими командами, каждая из которых будет работать над отдельным сервисом.

Основные компоненты микросервисов

1. Контейнеризация – используют Docker, он автоматизирует развертывание приложений в контейнерах, полезен тем, что в него можно упаковать микросервисы и развернуть их в независимых контейнерах;

2. Оркестрация контейнеров проходит с помощью системы Kubernetes, она предназначена для автоматизации развёртывания и управления контейнерными приложениями;

3. API-шлюз действует как центральная точка входа для клиентов, которая управляет запросами, аутентификацией и направляет запросы в соответствующий микросервис;

4. Кэширование, часто кэш хранит используемые данные рядом с микросервисом, что повышает производительность за счет сокращения повторяющихся запросов. Например, в приложении можно кэшировать результаты поиска товаров, чтобы, когда были повторные запросы к этому же товару, информация возвращалась быстрее, из-за того, что пропускаем обращение к базе данных;

5. Реестр и обнаружение сервисов, отслеживает местоположение и автоматически находит доступные микросервисы, что позволяет динамически управлять масштабированием системы.

Отличие монолитной от микросервисной архитектуры

Эти две архитектуры представляют собой разные подходы к разработке программного обеспечения. Конечно, микросервисная архитектура считается более современным подходом к созданию архитектуры, но и монолитная архитектура всё ещё остается актуальной. Например, если имеется небольшой проект, где ограниченный функционал и сложность управления низкая, это может подойти для стартапов, так как с помощью монолитной архитектуры можно намного быстрее выпустить продукт на рынок. Но если будет происходить рост и усложнение проекта, тогда уже можно планировать переход на микросервисную архитектуру для более сложного функционала.

Значимое отличие от микросервисной архитектуры – это то, что все компоненты объединены в единое целое, то есть интерфейс, доступ к базе данных и другие элементы, хранятся в одном сервисе.

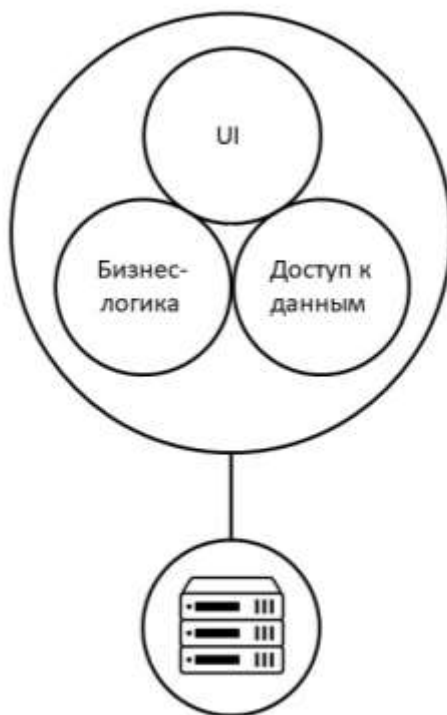


Рисунок 2 – Монолитная архитектура

Когда стоит переходить на микросервисы

1. Рост команды разработчиков – когда число людей на проекте растёт, появляется потребность в параллельной разработке. В монолитной архитектуре, если разработчик захочет в одном из сервисов сделать изменение из-за такого придется останавливать всё приложение, что будет очень замедлять и затруднять разработку. Так как микросервисы расположены независимо друг от друга, это позволяет вносить изменения на определённые сервисы, что не влияет на работу всего приложения;

2. Проблемы с масштабированием – у каждого сервера приложения разные требования к масштабированию, то есть микросервисы могут расширять только сервисы, которые нуждаются в этом. Например, если в приложении логика работы с сервисом А нагружена намного больше, то можно масштабировать только микросервис, который отвечает за него;

3. Использование разных технологий – также может быть такая проблема, что одного языка программирования уже не хватит из-за каких-либо функций, но микросервисы позволяют использовать это;

4. Высокая сложность кода – со временем код становится слишком сложным и в монолитной архитектуре он может стать трудно поддерживаемым из-за этого осуществляется переход на микросервисы.

Заключение

Микросервисная архитектура – это мощный инструмент для создания современных приложений, который даёт разработчикам справляться с проблемами, которые есть в монолитной архитектуре. Однако переход на микросервисы, требуют больших навыков, но такая архитектура открывает новые возможности для разработки.

Список литературы

1. Habr. Микросервисы – URL: <https://habr.com/ru/articles/249183/> (дата обращения: 01.10.2024).

2. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

3. Atlassian.com. Микросервисы [понятие и основные преимущества] – URL: <https://www.atlassian.com/ru/microservices> (дата обращения: 01.10.2024).

4. Кадровое агентство IT and Digital. Что такое микросервисы и как они работают? – URL: <https://itanddigital.ru/microservice> (дата обращения: 01.10.2024).

5. Skillbox.ru. О микросервисной архитектуре простыми словами – URL: <https://skillbox.ru/media/code/o-mikroservisnoy-arkhitecture-prostymi-slovami/> (дата обращения 02.10.2024).

6. Бакаев Д.Н., Стукало О.Г., Денисенко В.В., Скрыпников А.В., Савченко И.И., Зиновьева В.В. Информационный инструментарий проектного управления развитием промышленных предприятий// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 14-24.

7. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

8. Wikipedia. Microservices – URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microservices> (дата обращения 08.10.2024).
9. Rad Hat. Comprendre ce que sont les microservices – URL: <https://www.redhat.com/fr/topics/microservices> (дата обращения 10.10.2024).
10. Сазонова С.А., Епифанов Е.Н., Асминин В.Ф., Мозговой Н.В., Осипов А.А., Дружинина Е.В., Кораблин С.Н. Моделирование возможной обстановки при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 85-96.
11. Amazon Web Services. Que sont les microservices? | AWS – URL: <https://aws.amazon.com/fr/microservices/> (дата обращения 11.10.2024).
12. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
13. Астраханцева, И. А. Имитационная модель проточного трубчатого реактора / И. А. Астраханцева, С. П. Бобков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAVASM.
14. Полуэктов, А.В. Моделирование колебательных процессов в пакете MVSTUDIUM / А.В. Полуэктов, К.В. Зольников, В.И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

References

1. Habr. Microservices – URL: <https://habr.com/ru/articles/249183/> (date of access: 01.10.2024).
2. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. Using third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. – 2022. – Т. 15, No. 2. – P. 33-41.
3. Atlassian.com. Microservices [concept and main advantages] – URL: <https://www.atlassian.com/ru/microservices> (date of access: 01.10.2024).
4. IT and Digital recruitment agency. What are microservices and how do they work? – URL: <https://itanddigital.ru/microservice> (date of access: 01.10.2024).
5. Skillbox.ru. About microservice architecture in simple words – URL: <https://skillbox.ru/media/code/o-mikroservisnoy-arkhitekture-prostymi-slovami/> (date of access: 02.10.2024).

6. Bakaev D.N., Stukalo O.G., Denisenko V.V., Skrypnikov A.V., Savchenko I.I., Zinovyeva V.V. Information tools for project management of the development of industrial enterprises // Modeling of systems and processes. – 2022. – T. 15, No. 2. – P. 14-24.
7. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of a strip filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D.A. Achkasov // Modeling systems and processes. -2024.- T. 17, No. 2.-S. 43-50. -DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – Edn Pohltw.
8. Wikipedia. Microservices – URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microservices> (date of access: 08.10.2024).
9. Rad Hat. Comprendre ce que sont les microservices – URL: <https://www.redhat.com/fr/topics/microservices> (date of access: 10.10.2024).
10. Sazonova S.A., Epifanov E.N., Asminin V.F., Mozgovoy N.V., Osipov A.A., Druzhinina E.V., Korablin S.N. Modeling of a possible fire situation at facilities with large numbers of people // Modeling of systems and processes. – 2022. – T. 15, No. 1. – P. 85-96.
11. Amazon Web Services. Que sont les microservices? | AWS – URL: <https://aws.amazon.com/fr/microservices/> (date of access: 11.10.2024).
12. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field in forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
13. Astrakhantseva, I. A. Simulation model of a flow-through tubular reactor / I. A. Astrakhantseva, S. P. Bobkov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAV-ASM.
14. Poluektov, A.V. Modeling of oscillatory processes in the MVSTUDIUM package / A.V. Poluektov, K.V. Zolnikov, V.I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРТ КАРНО

Т.Э. Асанов¹, О.В. Собенина¹, И.В. Сафонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматривается один из вариантов таблиц истинности – карты Карно, используемые для реализации минимизации. Идея карт Карно базируется на том, чтобы преобразовать комбинацию входных значений в виде таблицы, где каждая ячейка имеет свой индекс.

Ключевые слова: карты Карно, минимизация, таблицы истинности, входные значения, ячейки, индекс.

THE STUDY OF KARNAUGH MAPS

T.E. Asanov¹, O.V. Sobenina¹, I.V. Safonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper considers one of the variants of truth tables – Karnaugh map used to implement minimization. The idea of Karnaugh map is based on converting a combination of input values into a table where each cell has its own index.

Keywords: Karnaugh map, minimization, truth tables, input values, cells, index.

Прогресс не стоит на месте, устройства получают все более совершенные и усложненные логические функции, упрощение становится все более сложным, и обычные математические формулы становятся все больше и менее читаемые. Для решения подобной проблемы, были созданы карты Карно, позволяющие визуально смоделировать и разложить сложные программы, на более маленькие и читаемые таблицы.

Для решения данной проблемы, были изобретены карты Карно, американским ученым Эдвардом Вейчи (8 сентября 1924 – 23 декабря 2013) в 1952 году. А улучшил их соотечественник Вейчи в 1953 году, физик Морис Карно. Идея

карт Карно базируется на том, чтобы преобразовать комбинацию входных значений в виде таблицы, где каждая ячейка имеет свой индекс.

Карта Карно – это один из вариантов таблицы истинности, она позволяет без использования алгебраических средств реализовать способ минимизации.

Существует два основных способа упрощения логических функций:

- арифметический – это математический способ, в котором для визуализации алгоритмов используют математические формулы;
- графический – к такому способу относится и карты Карно, позволяющий наглядно сокращать элементы формулы, упрощая функцию до таблицы, записанной в двоичной системе.

The image shows a 4x4 Karnaugh map for variables X1, X2, X3, and X4. The columns are labeled X3 X4 (00, 01, 11, 10) and the rows are labeled X1 X2 (00, 01, 11, 10). The map contains 1s in the following cells: (00,00), (00,10), (01,00), (01,10), (11,01), (11,11), (10,00), (10,10). Three groups are identified: S1 (green) is a vertical group of four 1s in the first column (X3 X4 = 00); S2 (red) is a horizontal group of two 1s in the third row (X1 X2 = 11); S3 (blue) is a diagonal group of four 1s at the corners of the map.

X1 X2 \ X3 X4	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	0	1
11	0	1	1	0
10	1	0	0	1

Рисунок 1 – Пример карты Карно

На Рисунке 1 наглядно показано, что главная задача подобной таблице, поиск закономерности с помощью геометрических фигур (прямоугольников, овалов и т.д.) со значением 1. Прямоугольники имеют либо вертикальное, либо горизонтальное положение в таблице и должны равняться определенной степени.

Существует два типа карт Карно:

1. Двухмерные карты Карно (для 2, 3 и 4 переменных) имеющие общие между собой характеристики:

- двумерная сетка – это карты, изображенные в виде двумерной сетки;
- смежные ячейки – это смежные комбинации входных переменных, расположенных в смежных ячейках;
- группировка – это уже вышесказанная группировка в прямоугольники, на базе одинаковых степеней.

2. Многомерные карты Карно (используются при наличии более чем 4 переменных) и имеют общие характеристики:

- сложная визуализация – из-за избыточного количества переменных, используется многомерная визуализация карт;

- трудности с наглядностью – запутанность для пользователя в работе с многомерными картами Карно

- тензорное представление – для каждой переменной многомерные карты представляют собой тензорное произведение.

Базовым методом упрощения логических функций, находящихся в совершенной дизъюнктивной форме (или в конъюнктивной форме), является операция неполного прилипания и элементарного поглощения. Эта операция выполняется между двумя терпами, если оные имеют общие переменные, вхождения которых общие для переменных, кроме одной. В приведенном выше примере, все переменные, кроме одной, выносятся за скобки, а прямые и обратные записи одной переменной, оставшейся в скобках, можно объединить, как в ниже показанном примере:

$$\overline{X}_1 X_2 X_3 X_4 \vee \overline{X}_1 X_2 \overline{X}_3 X_4 = \overline{X}_1 X_2 X_4 (X_3 \vee \overline{X}_3) = \overline{X}_1 X_2 X_4.$$

Очевидное равенство дает возможность поглощению

$$A \vee \overline{A} = 1; A \overline{A} = 0.$$

Благодаря этому примеру мы видим, как карты Карно позволяют упростить нахождение СДНФ и СКНФ с последующим поглощением, а решение данной задачи с помощью больших формул становится время затратным и несет за собой возможные ошибки со стороны человека.

При наличии 4 переменных, так же становится затруднительным для многих изображение объемного куба, для решения задачи. Для решения подобной задачи приходи на помощь способ развертки карт Карно. Развертка карты Карно в виде куба изображается не на плоскости, а на торе, на рисунке снизу выделены крайний правый и левый столбцы, что значит, что эти значения соединены.

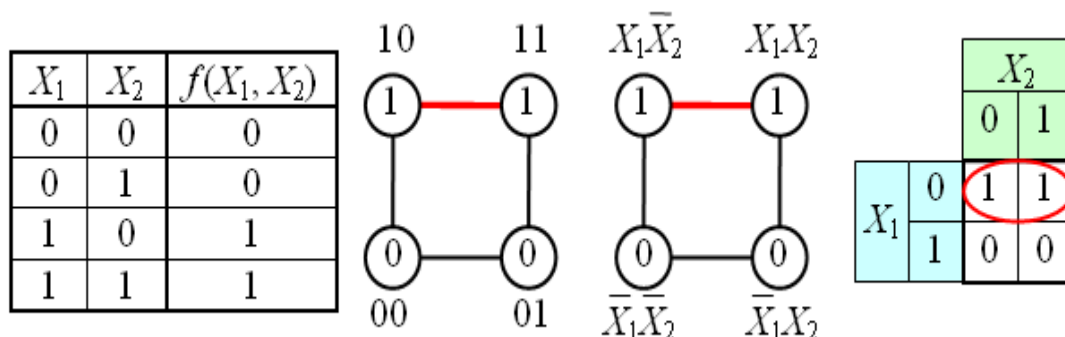


Рисунок 2 – Таблица истинности для функции из двух переменных

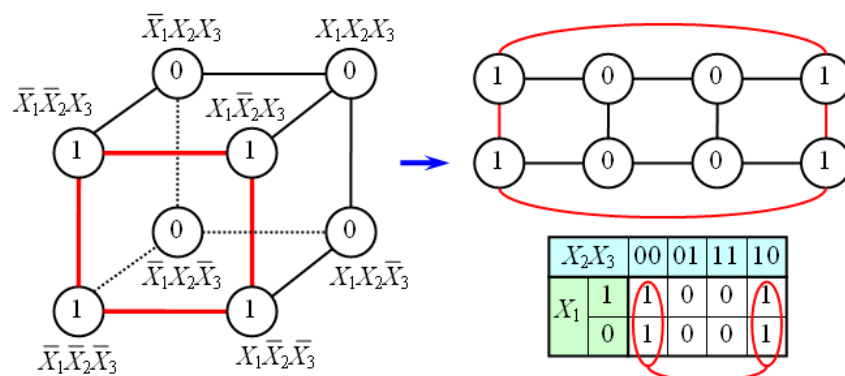


Рисунок 3 – Карта Карно для функции с 4 и более переменными

Карты Карно имеют преимущества в виде интуитивно понятным и графическим решением упрощения логических функций, делая их понятными и простыми для анализа. Далее упрощения функции могут помочь обнаружить ошибки в проектировании логических функций или поиске ошибок уже в рабочей электронике.

Список литературы

1. Акинина, Ю. С. Применение карт Карно для полиномиального преобразования булевых функций / Ю. С. Акинина, С. Л. Подвальный, С. В. Тюрин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – Т. 12, № 1. – С. 4-7. – EDN VMJQNJ.
2. Набебин, А. А. Карты Карно в расчете конечных автоматов средствами алгебры логики: для студентов специальности 230105.65 – программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем по дисциплине математическая логика и теория алгоритмов / А. А. Набебин ; А. А. Набебин ; Российский гос. социальный ун-т, Фак. информационных технологий, Каф. программного обеспечения вычислительной техники. – Москва: Изд-во РГСУ, 2009. – 39 с. – EDN QMUNTT.
3. Убайдуллаева, Ш. Р. Использование в учебном процессе интерактивной обучающей программы "минимизация логических функций методом карт Карно" / Ш. Р. Убайдуллаева, Х. Тагиев // Современные материалы, техника и технология : материалы 4-й Международной научно-практической конференции, Курск, 25–26 декабря 2014 года / Ответственный редактор: Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2014. – С. 448-450. – EDN TGAMHF.

4. Николенко, М. К. Обучающая программа для минимизации булевых функций четырех переменных методом карт Карно / М. К. Николенко, Н. А. Ананьева // Дни науки : материалы межвузовской научно-технической конференции студентов и курсантов на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Калининград, 08–21 апреля 2019 года. – Калининград: Обособленное структурное подразделение "Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", 2019. – С. 101-105. – EDN QQLVMO.

References

1. Akinina, Yu. S. Application of Carnot maps for the polynomial transformation of Boolean functions / Yu. S. Akinina, S. L. Podvalny, S. V. Tyurin // Bulletin of the Voronezh State Technical University. – 2016. – Vol. 12, No. 1. – pp. 4-7. – EDN VMJQHJ.

2. Nabebin, A. A. Carnot maps in the calculation of finite automata by means of algebra of logic: for students of specialty 230105.65 – software for computer technology and automated systems in the discipline mathematical logic and theory of algorithms / A. A. Nabebin ; A. A. Nabebin ; Russian State Social University, Fac. information Technology, Computer Engineering Software Department. – Moscow: Publishing House of RGSU, 2009. – 39 p. – EDN QMUNTT.

3. Ubaidullayeva, Sh. R. Using the interactive training program "minimizing logical functions by the Carnot map method" in the educational process / Sh. R. Ubaidullayeva, H. Tagiyev // Modern materials, technique and technology: materials of the 4th International Scientific and Practical Conference, Kursk, December 25-26, 2014 / Responsible editor: A.A. Gorokhov. – Kursk: Closed Joint Stock Company "University Book", 2014. – pp. 448-450. – EDN TGAMHF.

4. Nikolenko, M. K. A training program for minimizing Boolean functions of four variables by the Carnot map method / M. K. Nikolenko, N. A. Ananyeva // Days of Science: materials of the interuniversity scientific and technical conference of students and cadets on the basis of the Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, April 08-21, 2019. – Kaliningrad: A separate structural subdivision of the Baltic State Academy of the Fishing Fleet of the Federal State budgetary educational institution of higher Education.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ C++

Е.С.Богданович¹, Д.В. Локтева², С.Л. Сахаров¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

²Военный учебно-научный центр ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина

Аннотация. Статья изучает историю возникновения такого языка программирования, как C++. C++ является «расширением» и «модификацией» языка Си, который придумал и разработал датский ученый Бьерн Страуструп. В нем появились такие модификации как: классы, объекты, полиморфизм и многие другие, что сделало его более удобным и усовершенствованным языком программирования.

Ключевые слова: язык программирования, классы, модификация, программы, библиотека, компьютер.

THE HISTORY OF C++

E.S. Bogdanovich¹, D.V. Lokteva², S.L. Sakharov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

²Military Training and Research Center of the Air Force, Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin

Abstract. The article examines the history of the emergence of such a programming language as C++. C++ is an "extension" and "modification" of the C language, which was invented and developed by the Danish scientist Bjorn Stroustrup. It has such modifications as classes, objects, polymorphism and many others, which made it a more convenient and improved programming language.

Keywords: programming language, classes, modification, programs, library, computer.

Язык C++ входит в тройку самых популярных языков программирования, а программисты C++ являются одними из самых востребованных специалистов на рынке труда уже не один десяток лет.

История этого языка программирования началась 40 лет назад, с датского ученого-компьютерщика Бьерна Страуструпа. Он работал над проектом, используя на тот момент язык Си. Но уже тогда, Бьерн Страуструп понимал, что для выполнения многих задач проекта, актуального языка Си, было недостаточно и Страуструп начал расширять язык Си. Тогда ученый даже не предполагал, что обычная модификация Си, приведет его к созданию отдельного языка, который будет актуален и по сей день.

По ходу выполнения проекта и модификации Си, Страуструп заложил ключевые идеи современного языка C++, а именно:

- классы и объекты, для представления данных и операций над ними;
- инкапсуляций, позволяющая скрыть реализацию внутренних объектов;
- наследственность, которая дала возможность создавать новые классы на основе существующих;
- полиморфизм, реализующая использование объектов разных классов через общий интерфейс;
- совместимость с языком С, благодаря своим истокам, C++ можно было использовать с библиотеками Си и с ее языковой базой.

Интересным фактом, о появлении названия C++ является то, что одним из первых нововведений в модифицированном языке Си, был так называемый оператор инкремента, записываемый как «++».

Первая версия C++ была выпущена в 1985 году, и главной функцией этой версии была возможность компиляции Си в C++. Эта версия дала старт поддержке и постоянным обновлениям, которые выходят и в наши годы.

Современный C++ это многофункциональный инструмент программистов, который может помочь решить почти любую задачу в IT сфере. Невозможно представить современных IT «гигантов», таких как Google или Microsoft без языка C++, ведь их главные проекты были написаны на C++. Даже самая популярная интегрированная среда разработки (IDE) – Microsoft Visual Studio, была написана на C++.

Одной из самых главных причин быстроты этого языка, является его и главный минус, так называемая «низкоуровневость». Низкоуровневые языки компилируются напрямую в двоичный код, что в разы ускоряет выполнение программ, но также несет за собой последствия для программиста в виде своей сложности. Так как используя такие языки, нужно хорошо разбираться в устройстве компьютерного оборудования, его устройстве логики, потоках и ядрах процессора. Зачастую программистам языка C++ приходится напрямую работать с

ячейками памяти, что дает лучшие результаты в скорости и оптимизации программ.

Так же язык C++ является мультипарадигменным – это значит, что он поддерживает разность методов программирования, например, объектно-ориентированный, процедурный, логический и функциональный. Еще одним преимуществом языка C++ является богатая стандартная библиотека «STL» – Standard Template Library (Стандартная Библиотека Шаблонов) и большое количество сторонних библиотек.

Нельзя не упоминать о кроссплатформенности языка C++, он используется в приложениях на таких операционных системах как: Windows, Linux, Mac, Android и IOS. Дистрибутивы операционной системы Linux, особенно связаны с C++ и программированием на этом языке, так как сама операционная система позволяет общаться с ней на достаточно низком уровне, что помогает программисту на C++ раскрыть этот язык программирования и операционную систему полностью.

Благодаря вышеперечисленным особенностям этого языка программирования, он является языком общего назначения, это значит, что он подходит для разных задач, такие как создание операционных систем, компьютерных игр и их сред разработки, графических интерфейсов и программ для графического творчества, баз данных и драйверов устройств.

В подведении итогов, нельзя ни рассмотреть примеры самых популярных программ, написанных на C++:

- Microsoft Office это целый комплекс программ для форматирования и редактирования текстовых документов, электронных таблиц и графиков. Изначально был написан на ассемблере, потом на C, а в последствии был переписан на C++.

- Adobe так же комплекс программ, предоставляющий широкий функционал для своих пользователей в сфере дизайна, работа с фотографией, цифровыми рисунками, а также работа с видео.

- Blender – это открытое программное обеспечение, позволяющее работать с 2D и 3D анимацией, без этой программы невозможно было бы создание многих компьютерных игр и мультфильмов.

Бьерн Страуструп в одном из своих интервью, сказал: «Эволюция необходима для того, чтобы справляться с вызовами меняющегося мира и реализовывать новые идеи». ("Evolution is necessary to meet the challenges of a changing world

and to incorporate new ideas."), и C++ отлично доказывает это, на протяжении нескольких десятилетий, выходят постоянные обновления, язык реагирует на тенденции в технологиях, запросах пользователей и в реалиях конкуренции рынка языков программирования. В этом Страуструпу помогает команда из около 400 человек, входящих в комитет по стандартам языка программирования C++, в него не входят гораздо более широкое сообщество программистов, которые помогают и направляют развитие языка в правильном русле.

Таким образом C++ для новичков в сфере IT и программирования становится сложной, но в тоже время важной и универсальной, первой ступенью в обучении, так как дает функциональный язык, позволяющий в будущем иметь большой выбор в том, чем будет заниматься программист в своей карьере. Для обучения программирования на C++ в сети интернет, есть обширная библиотека литературы на эту тему, обучающего видеоматериала, а также активное сообщество, которое помогает новичкам во многих распространенных и не только, вопросах, связанных с этим языком.

Список литературы

1. Кудрявцев, В. В. Корпорация "Bell Labs" – фабрика научных инноваций / В. В. Кудрявцев // Управление наукой: теория и практика. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 136-168. – DOI 10.19181/smtp.2021.3.1.8. – EDN SELCJV.
2. Зыков, С. В. Программные системы гетерогенной архитектуры. Разработка информационных систем для интернет-ориентированной платформы: Учебное пособие / С. В. Зыков. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 518 с. – ISBN 978-5-4497-1659-0. – EDN CXCORH.
3. Молодежь. наука. инновации: сборник трудов по материалам VI межвузовской научно-практической студенческой конференции, Смоленск, 23 сентября 2015 года. – Смоленск: Издательство "Маджента", 2015. – 232 с. – ISBN 978-5-98156-672-1. – EDN UVRFPB.
4. Городняя, Л. В. Функциональное программирование. Парадигма, модели и методы / Л. В. Городняя; РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ им. А. П. ЕРШОВА. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022. – 482 с. – ISBN 978-5-6047823-0-9. – DOI 10.53954/9785604782309. – EDN FOUPRH.5

5. Мизаев, М. М. Будущее языков программирования: тенденции и инновации / М. М. Мизаев, Ю. Х. Тарамов, С. А. А. Сугаипов // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 11(160). – С. 1409-1412. – DOI 10.34925/EIP.2023.160.11.270. – EDN SFAISG.

6. Бугаев, Ю. В. Анализ моделей и алгоритмов оптимизации раскроя одномерных лесоматериалов / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.

References

1. Kudryavtsev, V. V. Bell Labs Corporation – a factory of scientific innovations / V. V. Kudryavtsev // Science Management: Theory and Practice. – 2021. – Т. 3, № 1. – С. 136-168. – DOI 10.19181/smtп.2021.3.1.8. – EDN SELCJV.

2. Zykov, S. V. Software systems of heterogeneous architecture. Development of information systems for the Internet-oriented platform: Study guide / S. V. Zykov. – Moscow: IPR Media, 2022. – 518 с. – ISBN 978-5-4497-1659-0. – EDN CXCORH.

3. Youth. science. innovation: collection of proceedings on the materials of VI interuniversity scientific-practical student conference, Smolensk, 23 September 2015. – Smolensk: Publishing house 'Magenta', 2015. – 232 с. – ISBN 978-5-98156-672-1. – EDN UVRFPB.

4. Gorodnaya, L. V. Functional programming. Paradigm, models and methods / L. V. Gorodnyaya; Russian Academy of Sciences Siberian Branch, A. P. Ershov Institute of Informatics Systems. – Novosibirsk: Siberian Branch of RAS, 2022. – 482 с. – ISBN 978-5-6047823-0-9. – DOI 10.53954/9785604782309. – EDN FOUPRH.5

5. Mizaev, M. M. The future of programming languages: trends and innovations / M. M. M. Mizaev, Y. H. Taramov, S. A. A. Sugaipov // Economics and Entrepreneurship. – 2023. – № 11(160). – С. 1409-1412. – DOI 10.34925/EIP.2023.160.11.270. – EDN SFAISG.

6. Bugaev, Yu. V. Analysis of models and algorithms for optimizing the cutting of one-dimensional timber / Yu. V. Bugaev, L. A. Korobova, I. Y. Shurupova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.

МОДЕЛЬ РЕСУРСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНКУРИРУЮЩИХ СИСТЕМ В РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЯХ

В.А. Борисов¹, Н.Ю. Юдина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о взаимодействии конкурирующих систем. Определяются временные интервалы роста потенциала каждой из конкурирующих систем, пороговые эффекты, которые приводят к изменению их состояния. Полученная модель позволяет понять общие принципы взаимодействия конкурирующих систем.

Ключевые слова: конкурирующие системы, потенциал, пороговый эффект, фаза развития.

MODEL OF RESOURCE INTERACTION OF COMPETING SYSTEMS IN MARKET RELATIONS

V.A. Borisov¹, N.Yu. Yudina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract The article examines the issue of interaction between competing systems. Time intervals of growth of potential of each of the competing systems, threshold effects that lead to a change in their state are determined. The resulting model allows us to understand the general principles of interaction between competing systems.

Key words: competing systems, potential, threshold effect, development phase.

Ресурсное взаимодействие конкурирующих систем в рыночных отношениях представляет собой сложную динамическую структуру, которая включает в себя несколько ключевых аспектов. Рассмотрим упрощённую модель, основанную на двух системах – системе A_1 и системе A_2 , действующих на одном рынке.

Потенциал каждой системы $x(t)$ для системы A_2 и $y(t)$ для системы A_1 в любой момент времени t определяет её текущее состояние на рынке. Потенциал

зависит от начальных условий $(x(0), y(0))$ и динамики изменений, обусловленных внутренними характеристиками системы и внешними факторами.

Изменение потенциала каждой системы регулируется удельными скоростями, которые зависят от коэффициентов α и β :

$$dx/dt = \alpha x$$

$$dy/dt = \beta y$$

Коэффициенты α и β представляют собой разницу между удельными скоростями роста и убывания, которые могут различаться в зависимости от стадии жизненного цикла системы (развитие, стагнация).

На ранних стадиях, когда ресурсы рынка практически не ограничены, а влияние конкурентов минимально, рост потенциала обеих систем можно аппроксимировать экспоненциальной функцией. По мере увеличения объёмов потенциалов, вступает в силу эффект «перенаселения» – замедление экспоненциального роста из-за ограничения ресурсов.

Одна из особенностей конкуренции состоит в том, что одна система может резко снизить эффективность работы другой. Например, система A_2 может обладать свойствами, позволяющими ей подавлять развитие системы A_1 . Механизм этого подавления ещё плохо изучен, но гипотеза предполагает, что система A_2 оказывает негативное влияние на дифференциацию и развитие системы A_1 .

Предполагая, что влияние системы A_2 на систему A_1 носит пороговый характер, можно ввести понятие критического потенциала $x_{кр}$. Когда потенциал системы A_2 достигает или превышает $x_{кр}$, системы A_1 он испытывает резкое снижение своей эффективности. Если же потенциал системы A_2 падает ниже $x_{кр}$, система A_1 получает возможность восстановиться и улучшить свои позиции на рынке.

Пусть потенциал развития первой системы A_1 равен $y(\tau)$ в момент времени $T_{норм} = t_0 + t_{порог} + t_{разв} + \tau$, где $t_{разв}$ – время развития системы. Достигнув некоторого уровня развития, система будет оставаться на нем (рисунок 1). Обозначим этот уровень как y_{const} . Потенциал системы начинает убывать, когда $\tau > 0$, так как начинает сказываться влияние развития системы A_2 , потенциал которой начинает расти. Потенциал системы A_1 за время бесконфликтного взаимодействия вырос до $y'(\tau) = \beta \cdot y(\tau)$.

В момент времени $\tau = 0$ потенциал системы A_1 равен $y' = 0$, а $y(\tau) = y_{const} - y_{\text{в}}(\tau) = y_{const} \cdot e^{-\beta t}$.

Изменение потенциала $y(\tau)$ первой системы представлен на рисунке 1.

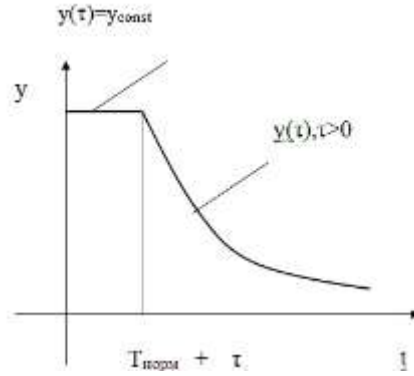


Рисунок 1– Изменение потенциала системы A_1

Взаимоотношения систем в наивысшей стадии взаимодействия между ними наступает так называемый «эффект перенаселения». Время замедления роста обозначим как $T_{\text{замедл}} = T_{\text{норм}} + \tau_{\text{замедл}}$. Скорость роста системы A_2 в момент рассмотрения равна $x'(T_{\text{замедл}})$ и не превышает скорость роста системы A_1 , которая в этот момент равна $y'(T_{\text{замедл}} - T_{\text{норм}})$.

Тогда можно записать

$$1 = \frac{y'(T_{\text{замедл}} - T_{\text{норм}})}{x'(T_{\text{замедл}})} = \frac{y_{\text{const}} \beta e^{-\beta(T_{\text{замедл}} - T_{\text{норм}})}}{x(0) \alpha e^{\alpha T_{\text{замедл}}}} \quad (1)$$

Используя это выражение можно, определить соотношение потенциалов систем в момент времени, когда начнется замедление.

$$x(T_{\text{замедл}}) = x(0) e^{\alpha T_{\text{замедл}}} = \frac{\beta}{\alpha} y_{\text{const}} e^{-\beta \tau_{\text{замедл}}} = \frac{\beta}{\alpha} y(\tau_{\text{замедл}})$$

$$y'(\tau_{\text{замедл}}) / x'(T_{\text{замедл}}) = \alpha / \beta \quad (2)$$

Данное выражение позволяет описать влияние конкуренции систем A_1 и A_2 , начиная с момента $t_0 = 0$. Потенциал системы A_2 возрастает до момента T , т. е. имеем отрезок времени $[0, T]$. Разобьем этот отрезок на 4 этапа:

Первый этап – фаза свободного развития, когда система A_2 развивается до $t_{\text{порог}}$ и достигает критического значения $x_{\text{кр}}$. В этот момент система A_2 имеет потенциал $x(t) = x(0) \cdot e^{\alpha t}$, а система A_1 – потенциал $y(t) = y(0) \cdot e^{\beta t}$. Тогда рост потенциала системы A_2 можно записать как

$$P(t) = \frac{x(0) \cdot e^{\alpha t}}{x(0) \cdot e^{\alpha t} + y(0) \cdot e^{\beta t}} \quad (3)$$

где $0 \leq t \leq t_{\text{порог}}$.

Второй этап – фаза начала взаимодействия. Эта фаза начинается в момент времени $t_{\text{порог}}$. Длительность второго этапа равна $T_{\text{норм}} = t_{\text{порог}} + t_{\text{разв}}$. Потенциал системы A_1 на это этапе растет.

Третий этап – это фаза выраженной конкуренции. Длительность этого этапа лежит в интервале времени от $T_{\text{норм}}$ до $T_{\text{замедл}}$. В момент времени $T_{\text{замедл}}$ скорости роста потенциалов обеих систем выравниваются. Процент роста потенциала можно определить, как

$$P(t) = \frac{x(0) \cdot e^{\alpha t}}{x(0) \cdot e^{\alpha t} + y(T_{\text{норм}}) \cdot e^{-\beta(t-T_{\text{норм}})}}, T_{\text{норм}} \leq t \leq T_{\text{замедл}} \quad (4)$$

Этап четыре – фаза уменьшения скорости роста потенциала системы A_2 . Длительность этой фазы равняется времени от момента замедления до момента времени, когда наступает потеря устойчивого взаимодействия с системой A_1 . Процент роста потенциала можно записать как

$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{x(t)}{x(t) + y(t - T_{\text{норм}})} = \\ &= \frac{x(T_{\text{замедл}}) + y(T_{\text{замедл}} - T_{\text{норм}}) \cdot (1 - e^{-\beta(t-T_{\text{замедл}})})}{x(t) + y(T_{\text{замедл}} - T_{\text{норм}}) \cdot e^{-\beta(t-T_{\text{замедл}})}} = \\ &= 1 - \frac{y(\tau_{\text{замедл}}) \cdot (e^{-\beta(t-T_{\text{замедл}})})}{x(T_{\text{замедл}}) + y(\tau_{\text{замедл}})} = 1 - \frac{\alpha}{\alpha + \beta} e^{-\beta(t-T_{\text{замедл}})} \end{aligned} \quad (5)$$

$$P(t) = 1 - \alpha \cdot e^{-\beta(t-T_{\text{замедл}})} / (\alpha + \beta) \quad (6)$$

На рисунке 2 представлено изменение процента роста потенциала в процессе развития конкуренции между системами A_1 и A_2 .

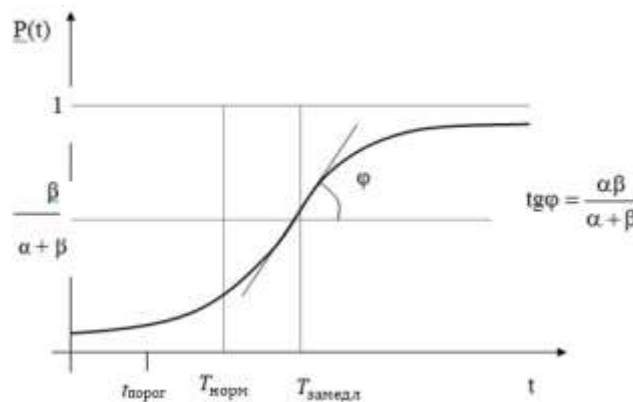


Рисунок 2 – Изменение процента роста потенциала конкурирующих систем в процессе развития конкуренции

От момента времени равным 0 до $T_{\text{норм}}$ описываются выражением (3). На этом отрезке процент изменения роста потенциала меняется незначительно. Затем рост изменений ускоряется. Точкой перегиба является точка. Соответствующая времени замедления $T_{\text{замедл}}$. Затем рост изменения потенциала продолжает расти постепенно замедляясь.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что модель ресурсного взаимодействия конкурирующих систем включает следующие ключевые компоненты:

1) Экспоненциальный рост на начальном этапе, когда рынок относительно свободен и ресурсы доступны.

2) Замедление роста по мере насыщения рынка и усиления конкуренции.

3) Пороговые эффекты, приводящие к резкому изменению состояния системы A_1 при достижении системой A_2 критического потенциала.

4) Циклическое восстановление системы A_1 , если потенциал системы A_2 временно снижается. Эта модель помогает понять общие принципы взаимодействия конкурирующих систем на рынке и может служить основой для дальнейших исследований и разработки стратегий управления в условиях конкуренции.

Список литературы

1. Волошин, Д. А. Совершенствование и развитие системы управленческого учета на предприятии // Экономический анализ: теория и практика: Статья / Д. А. Волошин.

2. Конкурентное взаимодействие производственно-экономических систем: теория и модели анализа: Монография / Сербулов Ю.С., Голикова Г.В., Голикова Н.В. – Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2013. – 203 с.: ISBN 978-5-7994-0597-7. – Текст : электронный. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/858307> (дата обращения: 04.02.2025). – Режим доступа: по подписке.

3. Канчавели, А. Д. Стратегическое управление организационно-экономической надежностью производственно-коммерческих систем : монография / А. Д. Канчавели, Т. Г. Канчавели. – Москва : МГТУ им. Баумана, 2005. – 244 с.

4. Макашова, В.Н. Управление проектами по разработке и внедрению информационных систем : учебное пособие / В.Н. Макашова, Г.Н. Чусавитина. — 3-е изд., стер. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 224 с.

5. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. –

2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

6. Грибанов, А. А. Моделирование процесса комбинированного полива с использованием электрохимически активированной воды в теплицах / А. А. Грибанов, А. А. Мещерякова, А. В. Стариков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.

References

1. Voloshin, D. A. Improvement and development of the management accounting system at the enterprise // Economic analysis: theory and practice: An article / D. A. Voloshin.

2. Competitive interaction of production and economic systems: theory and models of analysis: A monograph / Serbulov Yu.S., Golikova G.V., Golikova N.V. – Voronezh: VGLTU named after G.F. Morozov, 2013. – 203 p.: ISBN 978-5-7994-0597-7. – Text: electronic. – URL: <https://znanium.ru/catalog/product/858307> (date of request: 02/04/2025). – Access mode: by subscription.

3. Kanchaveli, A.D. Strategic management of organizational and economic reliability of production and commercial systems: a monograph / A.D. Kanchaveli, T. G. Kanchaveli. Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2005. 244 p.

4. Makashova, V.N. Project management for the development and implementation of information systems : a textbook / V.N. Makashova, G.N. Chusavitina. — 3rd ed., revised. Moscow : FLINTA, 2019. 224 p.

5. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A.V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

6. Griбанov A. A., Meshcheryakova A. A., Starikov A.V. Modeling of the combined irrigation process using electrochemically activated water in greenhouses // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ ВЫБОРКА

О.А. Журавлёва¹, Г.В. Суринова¹, А.Н. Потапов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В статье была рассмотрена систематическая выборка. Проводился анализ концептуальных основ систематической выборки, её математического обоснования, преимуществ, ограничений и областей практического применения.

Ключевые слова: Выборка, систематическая.

SYSTEMATIC SAMPLING

O.A. Zhuravleva¹, G.V. Surinova¹, A.N. Potapov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article examined systematic sampling. An analysis was carried out of the conceptual foundations of systematic sampling, its mathematical justification, advantages, limitations and areas of practical application.

Key words: Sampling, systematic.

В статистике и эмпирических исследованиях выборка является важным этапом анализа данных, который, обеспечивает репрезентативность выборочной совокупности. Систематическая выборка является одним из распространенных методов выборочного отбора, которая характеризуется детерминированным порядком формирования выборки на основе заданного интервала. Данный метод минимизирует вероятность систематических ошибок при соблюдении условий отсутствия скрытой периодичности в генеральной совокупности и позволяет равномерно распределить элементы.

Систематическая выборка — это метод, который используется для определения желаемой совокупности, которую исследователь хочет изучить. Элементы из совокупности отбираются через фиксированные интервалы. Если в простой

выборке у каждого элемента равная вероятность включения, то систематический метод предполагает упорядоченный отбор элементов, что позволяет упростить процесс формирования выборочной совокупности.

Процесс формирования систематической выборки включает следующие этапы:

1. Определение общего объема генеральной совокупности (N) и требуемого объема выборки (n).
2. Вычисление интервала выборки (k) по формуле: $k = \frac{N}{n}$
3. Случайное определение стартовой точки в пределах первого интервала.
4. Последовательный отбор элементов с фиксированным шагом k до достижения необходимого объема выборки.

Таблица 1 – Основные параметры генеральной и выборочной совокупностей

Характеристика параметров распределения	Совокупность	
	генеральная	выборочная
Объем выборки	N	n
Альтернативный признак		
Численность единиц совокупности, обладающих признаком x	Nx	nx
Доля единиц, обладающих изучаемым признаком x	$p = \frac{Nx}{N}$	$w = \frac{n_x}{n}$
Дисперсия	$\sigma^2 = p(1 - p)$	$\sigma^2 = w(1 - w)$
Среднее квадратическое отклонение	$\sigma = \sqrt{p(1 - p)}$	$\sigma = \sqrt{w(1 - w)}$
Количественный признак		
Среднее значение признака	$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$
Дисперсия	$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N - 1}$	$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$
Среднее квадратическое отклонение	$\sigma = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N - 1}$	$s = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$

Систематическая выборка имеет значительные преимущества, делающие ее эффективным и удобным методом выборочного исследования.

Благодаря детерминированному алгоритму данный метод упрощает процесс отбора элементов, что способствует снижению затрат при формировании выборки.

Повышается объективность и снижается вероятность систематических ошибок в выборке, так как алгоритм отбора элементов исключает влияние человеческого фактора.

Отбор элементов происходит через равные интервалы, выборка формируется сбалансированной и репрезентативной.

Имея значительные преимущества, систематическая выборка имеет также и ряд ограничений, которые важно учитывать при ее применении.

Один из ключевых рисков является возможность систематического сдвига, который возникает при скрытой периодичности в генеральной совокупности, что приводит к искажению результатов. Интервал может приводить к пропуску значимых элементов при высокой неоднородности совокупности, это снижает репрезентативность выборки.

Данный метод выборки широко используется в разных областях науки и промышленности.

В производственной сфере систематический отбор элементов используется для контроля качества продукции. В маркетинговой сфере он используется для формирования репрезентативных выборок при анализе потребительского спроса. Для измерения уровня загрязнения в разных точках также задействуется систематическая выборка.

Систематическая выборка представляет собой эффективный метод формирования выборочной совокупности, позволяющий упростить процедуру отбора элементов и обеспечить равномерное представительство генеральной совокупности. Этот метод занимает меньше времени, так как требуется выбор размера выборки. В статье рассмотрены принципы построения выборки, её преимущества и ограничения. Применение систематической выборки требуется в тех случаях, когда структура генеральной совокупности позволяет избежать ошибок, связанных с периодичностью данных. Несмотря на ограничения, этот метод остаётся востребованным в статистике, аналитических исследованиях и различных практических приложениях.

Список литературы

1. Выборочный метод в социально-экономической статистике: учеб. пособие / Э.К. Васильева, М.М. Юзбашев. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. — 256 с.
2. Кыверялг А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике / А. А. Кыверялг. — Таллин : Валгус, 1980. — 334 с.

3. Йейтс, Ф. И. Выборочный метод в переписях и обследованиях / Пер. с англ. Е. И. Арона ; Под ред. [и с предисл.] А. Г. Волкова. - Москва : Статистика, 1965. - 434 с.

4. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

5. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

6. Ищенко, Е. А. Применение технологий электродинамического моделирования для определения эффективной площади рассеяния малых объектов / Е. А. Ищенко, С. М. Федоров, Д. М. Федоров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.

7. Зольников В.К., Гамзатов Н.Г., Анциферова В.И., Полуэктов А.В., Фиронов В.А. Экспериментальные исследования радиационного воздействия на микросхемы FRAM // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 16-24.

8. Схемотехнические методы обеспечения стойкости ЭКБ к воздействию тяжелых заряженных частиц / В.К. Зольников, Ф.В. Макаренко, И.В. Журавлева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.

9. Котляров, В. В. Методы защиты цифровых устройств на базе ПЛИС от ионизирующего излучения в условиях космического пространства / В. В. Котляров, А. В. Шевченко, В. И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.

References

1. Sampling method in socio-economic statistics: textbook / E.K. Vasilyeva, M.M. Yuzbashev. - M.: Finance and statistics; INFRA-M, 2010. - 256 p.

2. Kyveryalg A. A. Research methods in professional pedagogy / A. A. Kyveryalg. - Tallinn: Valgus, 1980. - 334 p.

3. Yeats, F. I. Sampling Method in Censuses and Surveys / Translated from English by E. I. Aron; Ed. [and with a preface] by A. G. Volkov. - Moscow: Statistika, 1965. – 434 p.
4. Computer modeling of the performance of finish procedures and parasitic elements in the software-software design of microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling systems and processes. -2024.-T. 17, No. 3.-S. 106-115. -DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – Edn Nicloy.
5. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech announciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
6. Ishchenko, E. A. Application of electrodynamic modeling technologies to determine the effective scattering area of small objects / E. A. Ishchenko, S. M. Fedorov, D. M. Fedorov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.
7. Zolnikov V.K., Gamzatov N.G., Antsiferova V.I., Poluektov A.V., Fironov V.A. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 16-24.
8. Circuit engineering methods for ensuring ECB resistance to the effects of heavy charged particles / V.K. Zolnikov, Ph.V. Makarenko, I.V. Zhuravleva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.
9. Kotlyarov, V. V. Methods of protecting digital devices based on FPGAs from ionizing radiation in outer space / V. V. Kotlyarov, A.V. Shevchenko, V. I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.

ПОЧЕМУ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ВОСЬМЕРИЧНЫЙ КОД?

А.О. Карташов¹, А.В. Рудова¹, М.Д. Неминуший¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при изучении восьмеричного кода был проведен комплексный анализ выбранной темы. Была изучена соответствующая литература о восьмеричном коде.

Ключевые слова: Восьмеричный, система счисления, арифметика.

WHY IS OCTAL CODE USED IN A COMPUTER ENVIRONMENT?

A. O. Kartashov¹, A.V. Rudova¹, M.D. Neminushchy¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, when studying the octal code, a comprehensive analysis of the chosen topic was carried out. The relevant literature on the octal code has been studied.

Keywords: Octal, number system, arithmetic.

Введение

Восьмеричная система счисления – представляет собой позиционную систему, в которой для записи чисел используются восемь цифр: от 0 до 7. Данная система служит способом представления двоичных чисел, при котором каждое восьмеричное число кодирует три двоичных разряда.

История происхождения

Восьмеричная система счисления появилась в 50-х годах прошлого века, когда только начали появляться первые компьютеры. В то время компьютеры

использовали двоичную систему счисления (0 и 1), но программисты столкнулись с проблемой записи больших чисел. Восьмеричная система позволяла записывать числа компактнее, чем двоичная и десятичная системы.

Принципы восьмеричной системы счисления

Восьмеричная система счисления основана на тех же принципах, что и десятичная, при этом каждая цифра в числе обладает позиционным значением. В этой системе позиции цифр определяются степенями числа восемь.

1. $8^0 = 1$
2. $8^1 = 8$
3. $8^2 = 64$
4. $8^3 = 512$

Применение восьмеричной системы счисления

В вычислительной технике широко применяется восьмеричная система счисления. Это обусловлено тем, что двоичные числа, являющиеся основой работы компьютеров, могут быть представлены в восьмеричной системе более компактно.

Так, восьмеричное число 377 эквивалентно 12-разрядному двоичному числу (11111111). В качестве иллюстрации, рассмотрим двоичное число 10101010101. Разбив, его справа налево на группы по три цифры: 010 101 010 101, мы можем преобразовать каждую группу в восьмеричный эквивалент, получив число 2525.

Решение:

Сначала выполним прямой перевод.

Выполним прямой перевод из восьмеричной в двоичную вот так:

$$2525_8 = 2\ 5\ 2\ 5 = 2_{(=010)}\ 5_{(=101)}\ 2_{(=010)}\ 5_{(=101)} = 0101010101_2$$

Ответ: $2525_8 = 1010101010_2$

Рисунок 1 – Перевод из одной системы счисления в другую

Арифметика в восьмеричной системе счисления

Восьмеричная система счисления характеризуется простотой выполнения арифметических операций. Алгоритмы сложения, вычитания, умножения и деления в этой системе близки к соответствующим операциям в десятичной системе.

В восьмеричной системе используется принцип дополнительного модуля 8: при получении результата, превышающего 7, к нему добавляется 10 (что эквивалентно 8 в восьмеричной системе). Операции сложения и вычитания идентичны десятичным. При умножении каждая цифра первого числа последовательно умножается на каждую цифру второго числа, а полученные произведения суммируются.

Таким образом, структура и принципы выполнения операций в восьмеричной системе счисления во многом аналогичны десятичной системе.

Преобразование чисел

Процедура преобразования десятичного числа в восьмеричную систему осуществляется посредством последовательного деления исходного числа на 8 с фиксацией остатка от каждого деления. Полученные остатки записываются в обратном порядке, формируя восьмеричное представление числа.

Обратное преобразование, то есть перевод из восьмеричной системы в десятичную, выполняется путем умножения каждой цифры восьмеричного числа на 8 в степени, соответствующей её позиции (начиная с нуля для крайнего правого разряда) и суммирования полученных произведений.

Для перевода восьмеричного числа в двоичное, необходимо каждую цифру восьмеричного числа заменить её трёхразрядным двоичным эквивалентом.

Преобразование восьмеричного числа в шестнадцатеричную систему осуществляется путём промежуточного перевода в двоичную систему, последующего разбиения двоичного представления на группы по четыре разряда и замены каждой группы соответствующим шестнадцатеричным символом.

Перевод в восьмеричную систему счисления

Для данного перевода можно также воспользоваться таблицей выше. Алгоритм действий почти такой же, только смотреть будем уже на другой столбец вначале.

Возьмём число 1010010101 в двоичной системе счисления и будем переводить его в восьмеричную. Здесь очень важный момент, что переводить его нужно будет с конца и в группе по три цифры.

Для удобства запишем наше двоичное число в таблицу и разобьём его в группу по три цифры начиная с конца.

1	010	010	101

Рисунок 2 – Разбитое по группам двоичное число

После деления на группы можем заметить, что в первой ячейке только цифра «1» и в таблице такого вовсе нет. Проблема решается очень просто. В начале числа можно написать сколько угодно незначащих нулей и это никак не изменит само число. Поэтому подпишем перед единицей два нуля.

001	010	010	101

Рисунок 3 – Добавление нулей к единице

Теперь можем найти все соответствия двоичных чисел к восьмеричной системе счисления. Дополним наши записи с помощью таблицы.

001	010	010	101
1	2	2	5

Рисунок 4 – Соответствие двоичных чисел к восьмиричным

Плюсы восьмеричного кода:

1. Простота представления:

- Восьмеричный код проще для восприятия, поскольку он сокращает количество цифр при представлении двоичных чисел. Каждая восьмеричная цифра соответствует трем двоичным битам.

2. Легкость перевода:

- Легко переводить между двоичной и восьмеричной системами, так как каждая цифра в восьмеричной системе представляет собой три бита.

3. Краткость:

- Восьмеричный код короче, чем двоичный, что делает его более удобным для записи и восприятия, особенно в контексте записей длинных последовательностей битов.

4. Использование в ранних компьютерах:

- В прошлом некоторые компьютеры имели архитектуру, которая лучше соответствовала восьмеричной системе, что упрощало программирование и обслуживание.

Минусы восьмеричного кода:

1. Меньшая применимость в современных системах:

- С появлением 8-, 16- и 32-разрядной архитектуры компьютеров, операции с числами в шестнадцатеричном формате, который соотносится с 4 битами за раз, стали более удобными.

2. Ограниченная читаемость:

- Хотя восьмеричный код короче, чем двоичный, его растущие числа становятся менее интуитивными и трудными для человека по сравнению с шестнадцатеричными.

3. Редкое использование:

- Шестнадцатеричная система в современности почти полностью заменила восьмеричную в тех областях, где требуется удобное представление цифровых данных.

Случаи применения восьмеричных чисел

Хотя восьмеричная система счисления в настоящее время используется редко, во многих случаях использование восьмеричных чисел по-прежнему актуально и разумно.

Во-первых, восьмеричные числа все еще используются в некоторых языках программирования для указания числовых констант. К таким языкам относятся C /C++, Java, Perl, Python и др.

Во-вторых, восьмые числа используются при настройке доступа к файлам и каталогам в unix-подобных операционных системах, таких как Linux.

В-третьих, программисты и системные администраторы могут использовать восьмеричные числа при использовании масок и индикаторов.

В-четвертых, восьмеричные числа используются в некоторых стандартах и протоколах передачи данных. Например, протокол передачи файлов ftp использует восьмеричные коды для обозначения различных рабочих состояний и режимов.

Заключение

Восьмеричная система счисления является важной и широко используемой системой счисления в компьютерной технике. Она позволяет представлять двоичные данные более компактно и ускоряет работу с данными. Перевод чисел из восьмеричной системы счисления в другие системы счисления может быть затруднительным, поэтому важно освоить навык перевода чисел между системами счисления.

Список литературы

1. Макарова, Н. В. Позиционные системы счисления / Н. В. Макарова, Ф. А. Шукуров. – М.: «Хумо», 2007. – 144 с.
2. Фомин, С. В. Системы счисления / С. В. Фомин. – М.: «Наука», 1987. – 48 с.
3. Ковриженко, Г. А. Система счисления и двоичная арифметика / Г. А. Ковриженко. – К.: «Радянська школа», 1984. – 79 с
4. Моделирование возможной обстановки при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей / С. А. Сазонова, Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, Н. В. Мозговой, А. А. Осипов, Е. В. Дружинина, С. Н. Кораблин // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 85-96.
5. Ищенко, Е. А. Применение технологий электродинамического моделирования для определения эффективной площади рассеяния малых объектов / Е. А. Ищенко, С. М. Федоров, Д. М. Федоров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.
6. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
7. Сумин, В. И. Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур / В. И. Сумин, А. С. Дубровин, И. С. Куцева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.
8. Реализация оптимального построения комбинационного устройства и оценка надежности по выходному напряжению / Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин,

К. В. Зольников, О. А. Денисова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

References

1. Makarova, N. V. Position number systems / N. V. Makarova., F. A. Shukurov. – М.: ‘Khumo’, 2007. – 144 с.
2. Fomin, S. V. Number systems / S. V. Fomin. – М.: ‘Nauka’, 1987. – 48 с.
3. Kovrizhenko, G. A. The number system and binary arithmetic / G. A. Kovrizhenko. – К.: ‘Radianska shkola’, 1984. – 79 с
4. Modelling of a possible situation at a fire at the objects with a mass stay of people (in Russian) / S. A. Sazonova, E. N. Epifanov, V. F. Asminin, N. V. Mozgovoy, A. A. Osipov, E. V. Druzhinina, S. N. Korablin // Modelling of systems and processes. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 85-96.
5. Ischenko, E. A. Application of the electrodynamic modelling technologies for determination of the effective scattering area of the small objects (in Russian) / E. A. Ischenko, S. M. Fedorov, D. M. Fedorov // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.
6. Paramonov, A. A. Investigation of the structure of a tropical cyclone based on the analysis of satellite video data using the method of almost periodic analysis / A. A. Paramonov, A.V. Kalach, A. S. Kravchenko // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
7. Sumin, V. I. Features of the selection of members of the expert group for the analysis of the functioning of a complex organizational system of law enforcement agencies / V. I. Sumin, A. S. Dubrovin, I. S. Kushcheva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.
8. Realization of the optimal construction of a combination device and evaluation of reliability by output voltage / Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin, K. V. Zolnikov, O. A. Denisova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

ЗАЧЕМ ИСПОЛЬЗУЮТ 64-БИТНУЮ СИСТЕМУ КОМПЬЮТЕРА

В.А. Мальцев¹, А.В. Ачкасов¹, А.С. Ватуев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В ходе выполнения данной работы был проведен комплексный анализ выбранной темы. Была изучена подходящая литература для работы с 64-разрядной системой компьютера. Научная статья была составлена исходя из соответствующей теме информации.

Ключевые слова: 64-разрядная система компьютера, 32-разрядная система компьютера, 86-разрядная система компьютера, 128-разрядная система компьютера, операционная система.

WHY 64 NUMBER SYSTEM IS USED

V.A. Maltsev¹, A.V. Achkasov¹, A.S. Vatuev¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In the course of this work a comprehensive analysis of the selected topic was carried out. Suitable literature for work with 64-bit computer system was studied. The research paper was compiled based on the relevant information of the topic.

Keywords: 64-bit computer system, 32-bit computer system, 86-bit computer system, 128-bit computer system, operating system.

Введение

С стремительным развитием технологий, росли и требования к вычислительной мощности устройств. От первых 8-разрядных и 16-разрядных процессоров, до 32-битных систем прошло несколько десятков лет. Вместе с этим появилось немало новшеств и возможностей. Но 64-разрядная архитектура, была не просто новым этапом технологического развития, а своеобразной революцией в данной сфере.

На сегодняшний день, 64-разрядная система счисления, или 64-битная архитектура, стала стандартом в современной вычислительной технике благодаря своему огромному потенциалу для обработки больших объёмов данных и обеспечению высокой производительности.

Переход от 32-разрядных к 64-разрядным системам открыл новые возможности для программного обеспечения и аппаратных решений, таких как использование большего объёма оперативной памяти и выполнение сложных вычислений. Введение этой архитектуры позволяет значительно ускорить работу программ и улучшить многозадачность, что важно для современных приложений, требующих больших вычислительных мощностей, от компьютерных игр до научных расчетов.

В данной работе мы рассмотрим, что такое 64-разрядная система счисления, зачем она нужна и сравнения с другими системами.

1. Что такое разрядность системы.

Разрядность системы компьютера – это характеристика, определяющая какое количество памяти (бит данных) за определенный такт обрабатывает процессор, под который, собственно, рассчитывалась и создавалась операционная система.

На сегодняшний день существуют только две разрядности операционной системы: 32-битная и 64-битная. Мы и рассмотрим их преимущества и недостатки между собой.

Для выяснения различий разрядности системы компьютера мы рассмотрим 32-разрядную и 64-разрядную систему компьютера на базе операционной системы Windows 7.

32-разрядная система – это система, в которой процессор обрабатывает 32 бита за такт. Проще говоря, это означает что у вас установлена 32-битная версия операционной системы, которая работает с оперативной памятью до 4 ГБ и может запускать только 32-битные программы. Этого должно вполне хватить, для выполнения базовых задач и работы с офисными приложениями.

64-разрядная система – это уже более современная версия, в которой процессор обрабатывает 64 бита за такт. Для нас это значит, что компьютер работает под управлением 64-разрядной версии Windows. Это позволяет запускать как 32-битные, так и 64-битные программы, а также открывает больший объем оперативной памяти. Что уже больше подходит для более профессиональных задач и развлечений.

Таблица 1 – Различия 32-разрядной и 64-разрядной системы компьютера

Параметр	Процессоры 32-бит	Процессоры 64-бит
Адресное пространство	Он имеет адресное пространство 4 ГБ.	64-битные процессоры имеют адресное пространство 16 экзбайт.
Поддержка приложения	64-битные приложения и программы не будут работать	32-битные приложения и программы будут работать
Поддержка ОС	Нужна 32-битная операционная система.	Он может работать на 32 и 64-битной операционной системе.
Поддержка многозадачности	Не идеальный вариант для стресс-тестирования и многозадачности.	Лучше всего подходит для выполнения многозадачности и стресс-тестирования.
Требования к ОС и ЦП	32-разрядные операционные системы и приложения требуют 32-разрядных процессоров.	Для 64-разрядной ОС требуется 64-разрядный ЦП, а для 64-разрядных приложений требуется 64-разрядная ОС и ЦП.
Система доступна	Поддержка Windows 7, 8 Vista, XP и Linux.	Windows XP Профессионал, Windows Виста, Windows 7, Windows 8, Windows 10, Linux и Mac OS X.
Ограничения по памяти	32-битные системы ограничены 3.2 ГБ ОЗУ 32 бит Windows. Это устраняет ограничение, не позволяющее использовать полные 4 ГБ физической памяти.	64-битные системы позволят вам хранить до 17 Billion ГБ ОЗУ.

2. Преимущества 64-разрядной системы.

Поддержка большего объема памяти: 32-битные системы ограничены 4 ГБ оперативной памяти, в то время как 64-битные могут работать с терабайтами (до 17 миллиардов ГБ) оперативной памяти.

Повышенная производительность: 64-разрядные процессоры могут обрабатывать больше информации за один такт, что улучшает скорость выполнения

задач, особенно при работе с вычислительно-интенсивными приложениями (например, видеомонтаж, научные расчеты, моделирование).

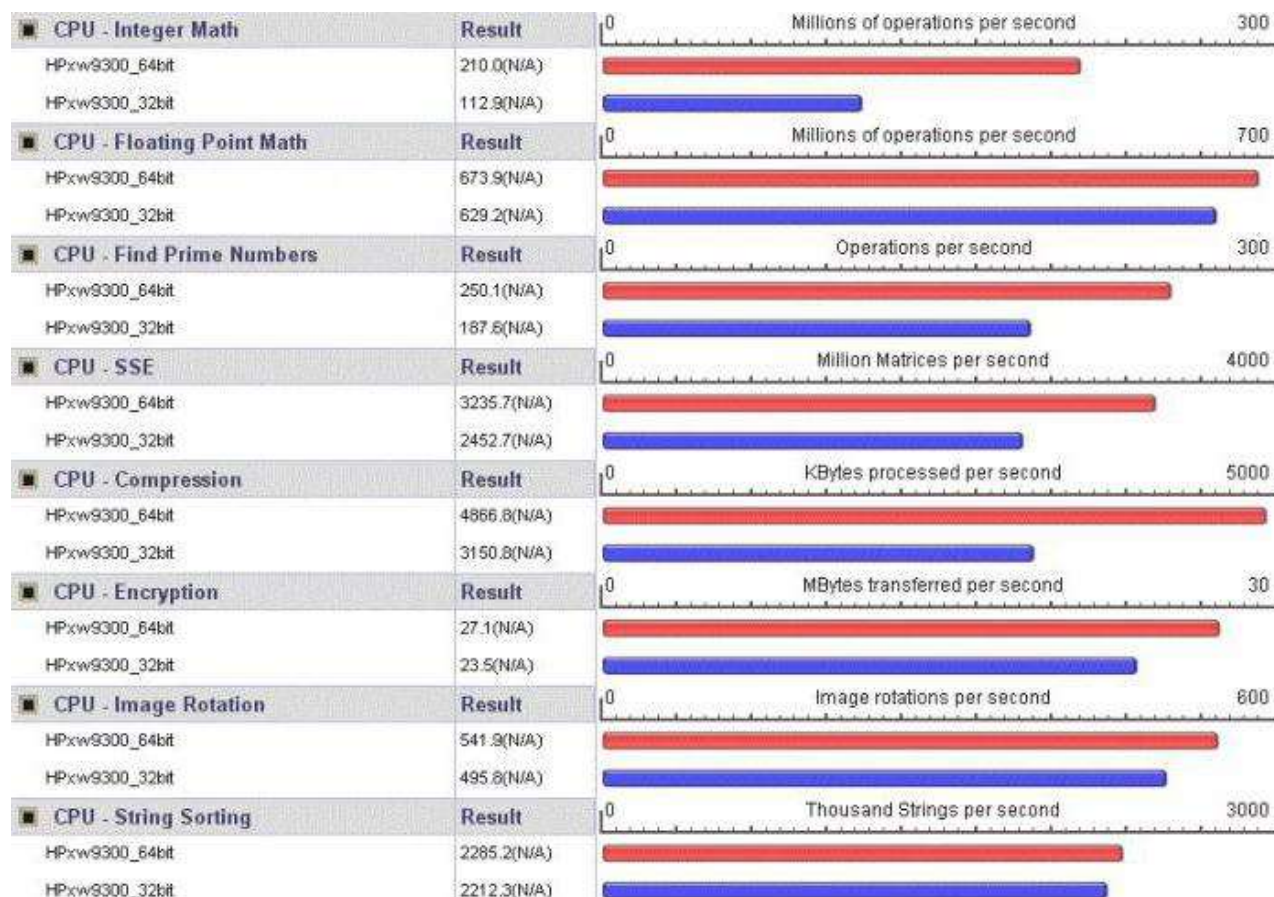


Рисунок 1 – Отличия x32 и x64 систем

Как мы можем увидеть 64-разрядная система во всех аспектах быстрее 32-разрядной системы.

Так же, нельзя не отметить, что большинство современных программ оптимизированы для 64-разрядных систем, что делает работу более эффективной. Этот факт означает, что с 64-битной системой вы сможете работать с большим количеством современных программ.

Заключение

В заключение можно сказать, что как 32-битные так и 64-битные имеют значение в современных реалиях технологий. Несмотря на то, что более доступная в плане стоимости 32-разрядная система, и подходит под базовые задачи, но 64-разрядная система имеет значительное преимущество.

Во-первых, 64-битная архитектура более производительная, за счёт большего количества обработки бит данных, а также может работать с значительно большим количеством оперативной памяти.

Во-вторых, значительное количество современного программного обеспечения разрабатывается и оптимизировано, с учетом именно под 64-битную систему.

В-третьих, 64-битная система открывает больше возможностей, выполнение профессиональных задач и более комфортное пользование системой. Сюда можно отнести моделирование 3D-моделей, видеомонтаж, вычисление научных расчётов и т.д.

Поэтому на сегодняшний день, для использования больше подходит 64-разрядная архитектура. С каждым годом она всё больше используется, как для базовых задач, так и для личного использования, а также становится доступней для обывателей. На текущий момент 64-битная архитектура почти полностью заменила свою предшественницу, и компьютер с 32-битной системой найти всё труднее.

Список литературы

1. Аппаратные средства персонального компьютера / С. В. Киселев и др. – М.: Академия, 2022. – 625 с. – Электронный ресурс.
2. Борисенко, М. М. Электронные таблицы Microsoft Excel: учебное пособие / М.М. Борисенко. – М.: Огни, 2022. – 666 с.
3. Мелехин, В. Ф. Вычислительные машины, системы и сети / В. Ф. Мелехин, Е. Г. Павловский. – М.: Academia, 2020. – 560 с.
4. Сергеев, С. Л. Архитектуры вычислительных систем / С. Л. Сергеев. – М.: БХВ-Петербург, 2021. – 271 с.
5. Сидоров, В. Д. Аппаратное обеспечение ЭВМ / В. Д. Сидоров, Н. В. Струмпэ. – М.: Академия, 2021. – 336 с.
6. x86-64 // Wikipedia. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/X86-64>. – Электронный ресурс.
7. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
8. Арапов, Д. В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д. В. Арапов, В. А. Курицын,

С. А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMPAPT.

9. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С. А. Победа, М. И. Черных, Ф. В. Макаренко, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

References

1. Hardware of the personal computer / S. V. Kiselev et al. – Moscow: Academy, 2022. – 625 c. – Electronic resource.

2. Borisenko, M. M. Spreadsheets Microsoft Excel: a textbook / M. M. Borisenko. – Moscow: Ogni, 2022. – 666 c.

3. Melekhin, V. F. Computers, systems and networks / V. F. Melekhin, E. G. Pavlovskiy. – Moscow: Academia, 2020. – 560 c.

4. Sergeev, S. L. Architectures of computing systems / S. L. Sergeev. – Moscow: BHV-Peterburg, 2021. – 271 c.

5. Sidorov, V. D. Hardware support of the computer / V. D. Sidorov, N. V. Strumpe. – Moscow: Academy, 2021. – 336 c.

6. x86-64 // Wikipedia. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/X86-64>. – Electronic resource.

7. Yurchishina, M. V. Algorithmic model of the DSS "Optimal curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.

8. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMPAPT.

9. Creation of an LDMOS transient behavioral model based on an artificial MLP neural network and its description in the Verilog-A language / S. A. Pobeda, M. I. Chernykh, Ph. V. Makarenko, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – pp. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

М.А. Осипов¹, Н.А. Тарасова¹, А.В. Григорьев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

В данной работе будет рассмотрена история появления систем счисления, их типы, преимущества, недостатки, перевод чисел между системами счисления и их применение в различных областях.

Ключевые слова: разряд, число, символ, система счисления.

NUMBER SYSTEMS

M.A. Osipov¹, N.A. Tarasova¹, A.V. Grigoriev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

In this paper the history of appearance of number systems, their types, advantages, disadvantages, translation of numbers between number systems and their application in various fields will be considered.

Keywords: digit, number, symbol, number system.

Введение

Человечеству почти каждый день приходится сталкиваться с большими объёмами данных. Качественная и эффективная обработка числовых данных является основой современных вычислительных систем. Все данные из этих систем отображаются в цифровом виде с использованием определённых систем счисления. Представление принципов работы этих систем строго необходимо для разработки и совершенствования всех вычислительных устройств, которые способны обрабатывать огромное количество информации в единицу времени.

Система счисления – это способ представления чисел с использованием различных символов.

История возникновения систем счисления

Даже в каменном веке людям нужно было уметь считать, для товарно-рыночных взаимодействий, строительства и многих других ситуаций. Первые системы счисления появились в Древнем Египте и Месопотамии. Древние греки и римляне развили эти идеи и создали свои собственные системы, например, римские цифры.

число	значение	описание
I	1	черта
∩	10	пятка
⤿	100	петля
⤿ ⤿	1 000	лотос
⤿ ⤿ ⤿	10 000	палец
🐸 или 🐸	100 000	жаба или личинка
🙌	1 000 000	человек с поднятыми вверх руками

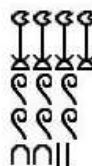

 число 4622

Рисунок 1 – Египетская система счисления

С развитием науки и технологий возникла потребность в более эффективной системе счисления. Появление арабских цифр в средние века стало очень важным достижением, поскольку оно принесло понятие нуля и разрядной системы, что значительно упростило вычисления.

Более поздние открытия в области вычислительной техники и автоматизации потребовали создания первой машины для обработки больших данных. Именно на этом фоне возникла потребность в эффективном методе ввода и хранения информации, который стал основой для появления перфокарт.

Перфокарты

Перфокарты – это чаще картонные или пластиковые карты с отверстиями в определённых позициях, используемые для хранения информации. Эти карточки представляют собой один из первых инструментов для автоматизированного ввода данных и программирования.

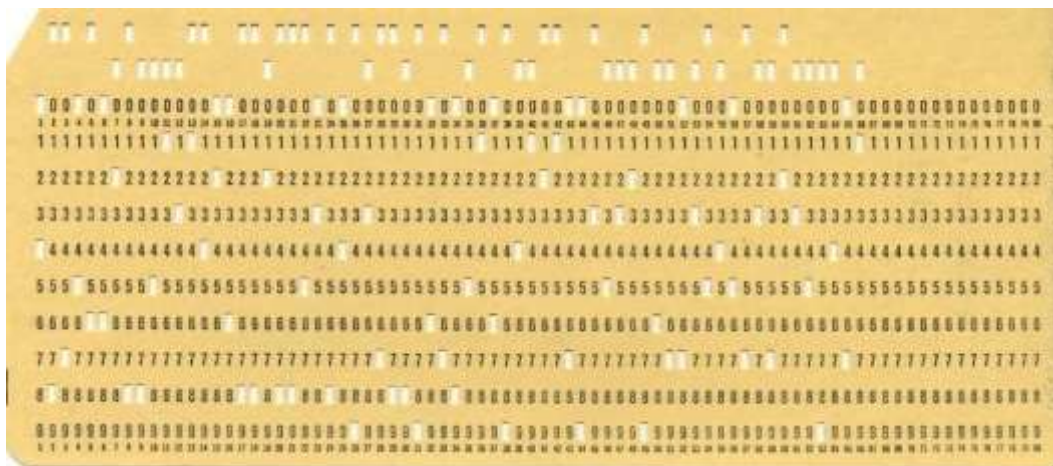


Рисунок 2 – Изображение перфокарты

Влияние перфокарт на системы счисления

Автоматизация вычислений:

Перфокарта помогла автоматизировать процесс обработки и ввода информации, ввиду возможности долгосрочного хранения данных и множественного использования данного массива данных, что значительно ускорило вычисления и снизило вероятность ошибок при ручном вводе данных.

Стандартизация данных:

Использование перфокарт разрешило проблему стандартизации форматов хранения данных, упростив обмен информацией между различными расчётными системами и устройствами.

Разработка программного обеспечения:

Перфокарта стала первым программным носителем, который мог хранить от простых команд и данных, вплоть до сложных алгоритмов. Это помогло формированию дисциплины программирования и совершенствованию логического мышления в умах тех времён.

Переход к машинным вычислениям:

При помощи перфокарт, системы счисления стали использоваться в более сложных и широких вычислительных и аналитических задачах, таких как бухгалтерский учёт, научные расчёты и статический анализ.

Виды систем счисления

На сегодняшний день известно множество различных систем счисления, среди которых особое место занимают десятичная, восьмеричная и шестнадцатеричная системы.

- **Десятичная система** является самой распространённой в повседневной жизни. Она основана на использовании 10 символов (цифр от 0 до 9) и активно применяется в обычных вычислениях.
- **Двоичная система** используется в современных цифровых устройствах, так как вся информация в них кодируется с помощью двух состояний — 0 и 1. Эта система является основой для работы компьютеров.
- **Восьмеричная система** находит применение в программировании и некоторых областях информационных технологий. Она состоит из восьми символов (цифр от 0 до 7), что делает её удобной для представления двоичных чисел в более компактном виде.
- **Шестнадцатеричная система** широко применяется в программировании, особенно при работе с цветами в веб-дизайне и адресацией памяти. В ней используются 16 символов: цифры от 0 до 9 и буквы от A до F, обозначающие значения от 10 до 15.

Классификация систем счисления

Системы счисления можно разделить на три основные категории: унарные, непозиционные и позиционные.

- **Унарная система** представляет собой самый простой способ записи чисел, где каждое число обозначается повторением одного символа. Например, число 5 может быть записано как пять единиц: 11111. Однако эта система крайне неэффективна для больших чисел.
- **Непозиционные системы**, такие как римская система счисления, характеризуются тем, что значение каждого символа не зависит от его положения в числе. Например, в записи «XXX» каждая «X» всегда означает 10, и общее значение составляет 30. Несмотря на историческую значимость, такие системы сложны для выполнения арифметических операций.
- **Позиционные системы** отличаются тем, что значение каждого символа определяется его местоположением в записи числа. Примером служит десятичная система, где, например, в числе 222 первая «2» означает 200, вторая — 20, а третья — 2. Такая система значительно упрощает вычисления и широко используется в современной математике и технике.

Преимущества и недостатки различных систем счисления

Каждая система счисления имеет свои особенности, которые определяют её применимость в разных контекстах.

- **Десятичная система** интуитивно понятна для человека, но может быть неэффективна для машинных вычислений.
- **Двоичная система** идеально подходит для работы компьютеров, но требует большого количества разрядов для записи больших чисел.
- **Восьмеричная система** обеспечивает компактное представление двоичных чисел, хотя и менее распространена, чем другие системы.
- **Шестнадцатеричная система** позволяет экономично представлять большие числа, но выполнение арифметических операций в ней требует дополнительных усилий.

Таким образом, выбор системы счисления зависит от конкретных задач и области применения.

Десятичная система удобна для повседневного использования, но иногда оказывается неэффективной для сложных расчетов. Двоичная же, состоящая только из нулей и единиц, лежит в основе работы современных цифровых устройств. Однако для записи больших чисел в этой системе требуется большое количество разрядов.

Чтобы сделать запись двоичных чисел более компактной, используют восьмеричную систему, хотя она и менее популярна в современной практике. Более распространенной является шестнадцатеричная система, которая позволяет представить большое число с использованием минимального количества символов. С другой стороны, выполнение арифметических операций в шестнадцатеричной системе требует большей концентрации и знаний.

Преобразование между различными системами счисления представляет собой процесс изменения формы записи числа без изменения его значения. Для этого существует несколько методов: универсальный алгоритм, использование весов разрядов, схема Горнера и другие.

При применении универсального алгоритма, чтобы перевести число из десятичной системы в другую, нужно последовательно делить его на основание целевой системы, сохраняя остатки от деления. Записанные в обратном порядке остатки и формируют искомое число в новой системе счисления.

Аналогично происходит перевод в системы счисления с другим основанием.

Преобразованием чисел с помощью весов разрядов удобно переводить числа из двоичной системы в десятичную. Вес разряда – это число, которое отображает во сколько раз единица данного разряда больше или меньше единицы младшего разряда целой части числа. При использовании весов разрядов перевод

выполняется так: нужно записать исходное число и под каждой его цифрой написать вес разряда. Затем необходимо просуммировать ненулевые разряды (где 1). Полученное число и будет результатом перевода.

Пример: переведем число 19 в двоичную систему счисления (Рисунок 3).

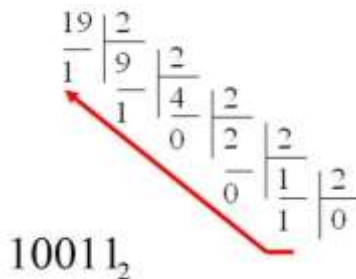


Рисунок 3 – Перевод числа универсальным алгоритмом

Пример: переведем число 1000101 в десятичную систему счисления

1	0	0	0	1	0	1	- число
64	32	16	8	4	2	1	- веса разрядов

Просуммировав ненулевые разряды, получим: $64 + 4 + 1 = 69$

Рисунок 4 – Перевод числа с помощью весов разрядов

Перевод чисел по схеме Горнера выполняется по преобразованной формуле канонической формы числа:

$$A_N = a_3 N^3 + a_2 N^2 + a_1 N^1 + a_0 N^0 = ((a_3 N + a_2) N + a_1) N + a_0$$

Рисунок 5 – Формула канонической формы числа

Для преобразования числа из одной системы счисления в другую нужно:

- перемножить цифру старшего разряда, записанную в новой системе счисления, и основание первичной системы, записанное в новой системе
- к полученному числу прибавить цифру последующего разряда числа, записанного в новой системе счисления
- эту сумму снова умножить на основание первичной системы. Продолжать требуется до самого последнего, младшего разряда. После прибавления младшего разряда умножение на основание системы счисления не требуется.

Например, переведем число 312 из восьмеричной системы счисления в десятичную

$$A_8 = 312. \quad A_{10} = (3 \cdot 8 + 1) \cdot 8 + 2 = 202$$

Рисунок 6 – Перевод числа с использованием схемы Горнера

По аналогии можно провести преобразование и из других систем счисления.

Применение систем счисления

Системы счисления используются в самых различных областях, например, информатике, математике, научных исследованиях и т.д. Допустим, в программировании они используются для представления, описания данных, написания множества алгоритмов и структурирования информации. Помимо прочего, разработка программного обеспечения и специального оборудования требует глубоких знаний в сфере систем счисления.

Заключение

Системы счисления играют одну из самых важных ролей в цифровом мире, ведь они обеспечивают базу для представления, обработки, хранения чисел. Понимание различных систем счисления может позволить глубже осознавать принципы работы вычислительных машин, их программного обеспечения и их применение в современном мире.

Список литературы

1. Васильев, Н. А. История чисел: от древности до наших дней / Н. А. Васильев. – Москва: Наука, 2005.
2. Лем, С. Сумма и разность: Правила вычисления и использования систем счисления / С. Лем. – Москва: АСТ, 2002.
3. Григорьев, А. В. Основы программирования: работа с системами счисления / А. В. Григорьев. – Минск: Технока, 2018.
4. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.
5. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов,

А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – EDN QFRURQ.

6. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

7. Разработка алгоритмов и программ анализа электрических характеристик БИС / А. С. Ягодкин, В. К. Зольников, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, С. А. Кузнецов, Ф. В. Макаренко // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 136-148.

References

1. Vasiliev, N. A. History of numbers: from antiquity to our days / N. A. Vasiliev. – Moscow: Nauka, 2005.

2. Lem, S. Summa and Difference: Rules of Calculation and Use of Number Systems / S. Lem. – Moscow: AST, 2002.

3. Grigoriev, A. V. Fundamentals of programming: working with number systems / A. V. Grigoriev. – Minsk: Technoka, 2018.

4. Simulation modelling of deformational parameters of departmental highways reinforced with slag-silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.

5. Vatiev, A. S. Optimization of test methods and algorithms for assessing the resistance of field-effect transistors to various types of radiation using advanced testing equipment / A. S. Vatiev, A. A. Sharapov, A. I. Ozerov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – EDN QFRURQ.

6. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

7. Development of algorithms and programs for analyzing electrical characteristics of BIS / A. S. Yagodkin, V. K. Zolnikov, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, S. A. Kuznetsov, Ph. V. Makarenko // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 136-148.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В.В. Павловский¹, О. В. Оксюта¹, В.Я. Аджиева¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается исследование устойчивости объектов и систем автоматического регулирования (САР). Различные способы применения САР, системы и критерии их проверки, а также факторы, влияющие на устойчивость системы.

Ключевые слова: системы автоматического регулирования, факторы, критерии, Найквист, Михайлов, Руф.

INVESTIGATION OF THE STABILITY OF FACILITIES AND AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

V.V. Pavlovsky¹, O.V. Oksyuta¹, V.Ya. Agyaevna¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article examines the study of the stability of facilities and automatic control systems (ATS). Various methods of application of ATS, systems and criteria for their verification, as well as factors affecting the stability of the system.

Keywords: automatic control systems, factors, criteria, Nyquist, Mikhailov, Ruf.

В современной практике управления, исследование устойчивости и систем автоматического регулирования (САР) являются актуальными. Как любая система, САР должна отвечать основным параметрам устойчивости, она должна поддерживать свои параметра, а также выходные параметры в заданных пределах, что является фундаментальным условием в реалиях современного рынка товаров. Сложность технических систем, увеличения числа взаимосвязанных параметров и внешних воздействий пользователей, вопрос устойчивости становится особенно актуальным.

Системы автоматического регулирования применяются во всех отраслях, где есть элементы промышленного производства, энергетики, медицины и даже космическая отрасль. Таким сферам жизненно необходимы устойчивые системы, ведь малейшие нарушения устойчивости могут привести к серьезным и даже катастрофическим последствиям. Например, экономические потери, экологические последствия (АЭС, ГрЭС, ТЭЦ, нефтяные и газовые хабы) и жизни людей в медицинских центрах. Все эти факторы доказывают жизненную необходимость разработки эффективных методов разработки САР.

Опираясь на мировую практику использования САР, можно разделить факторы влияния на систему на две группы: внутренние (запаздывания или инерционность), внешние (шумы, возмущения или изменения рабочих режимов, человеческий фактор оператора).

Анализируя вышеуказанные факторы, ученые разработали разные подходы для создания САР, многие из них подходят только для конкретных сфер применения. Разберем некоторые из них.

Система критерий Руфа имеет классический алгебраический подход к методам оценки устойчивости линейных систем. Согласно этому критерию, система считается устойчивой, если все корни характеристического уравнения имеют отрицательные вещественные части. Для проверки САР строится так называемая таблица Руфа, где последовательно вычисляются элементы строк на основе исходных коэффициентов.

Альтернативным подходом для проверки систем САР, является критерий Найквиста. Метод представлен в виде графической системы, основывающийся на частной характеристике системы автоматического регулирования. График Найквиста представляется замкнутой кривой, которая показывает изменение амплитуды и фазы выходного сигнала при различных значения частоты входного сигнала. Если число оборотов равно нулю или соответствует количеству неустойчивых полюсов открытой системы, то замкнутая система устойчива.

Так же существует и отечественная система Михайлова. Основывается на анализе фазовой траектории характеристической функции системы в полярных координатах. Основываясь на этой методике, САР является устойчивой, если фазовая траектория при возрастании частоты от нуля до бесконечности обходила начало координат ровно столько раз, сколько полюсов характеристического уровня находится в правой полуплоскости комплексной плоскости.

Каждый из перечисленных критериев имеет свои достоинства и ограничения. Например, алгебраические методы (Руф,) наиболее удобны для анализа систем низкого порядка, тогда как частотные методы (Найквист, Михайлов) позволяют получить более наглядную информацию о поведении системы в широком диапазоне частот. Комбинирование различных подходов обеспечивает наиболее полное представление о состоянии устойчивости исследуемой системы и позволяет принимать обоснованные решения по её оптимизации.

Изучение устойчивости систем автоматического регулирования (САР) – это одна из ключевых задач в современном управлении. Любая система должна быть устойчивой и поддерживать свои параметры в заданных пределах, что особенно важно в условиях конкурентного рынка. По мере усложнения технических процессов и увеличения числа взаимосвязанных параметров вопрос стабильности становится все актуальнее.

Системы автоматического регулирования применяются практически во всех сферах: от промышленного производства до космической отрасли. В этих областях крайне важна надежность работы систем, так как сбои могут привести к серьезным последствиям – от экономических потерь до катастрофических ситуаций на атомных станциях или нефтегазовых объектах. Это подчеркивает необходимость разработки эффективных методов создания устойчивых САР.

Факторы, влияющие на устойчивость системы, можно разделить на две группы: внутренние (например, инерционность или задержки) и внешние (шумы, изменения режимов работы, человеческий фактор). На основе этого различают несколько подходов к анализу устойчивости.

Классическим методом является критерий устойчивости Руфа, который использует алгебраический подход для линейных систем. Система считается устойчивой, если все корни характеристического уравнения имеют отрицательные вещественные части. Проверка проводится через специальную таблицу Руфа.

Другим распространенным методом является критерий Найквиста, основанный на частотной характеристике системы. График Найквиста показывает изменение амплитуды и фазы выходного сигнала при разных частотах входного сигнала. Замкнутая система устойчива, если число оборотов кривой соответствует количеству неустойчивых полюсов открытой системы.

Отечественный метод Михайлова анализирует фазовую траекторию характеристической функции в полярных координатах. Система устойчива, если траектория обходит начало координат столько раз, сколько полюсов находится в правой полуплоскости комплексной плоскости.

Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения. Алгебраические подходы удобны для простых систем, а частотные методы дают более наглядное представление о поведении системы на различных частотах. Часто комбинируют разные подходы для получения полной картины устойчивости.

Для анализа используются также:

- Линейные методы через передаточную функцию
- Частотные методы (диаграммы Боде, Найквиста, Николса)
- Методы временной области для изучения переходных процессов
- Численное моделирование реальных условий работы

Выбор конкретного метода зависит от типа системы и области применения. Современные технологии, включая искусственный интеллект, расширяют возможности анализа, особенно для сложных многосвязных систем.

Таким образом, исследование устойчивости САР остается одной из центральных задач в теории и практике автоматического управления. Для обеспечения надежности и безопасности современных технических систем необходимо постоянно совершенствовать методы анализа и внедрять новые технологии. Это особенно актуально в условиях растущей сложности и взаимосвязанности различных отраслей промышленности и инфраструктуры.

Список литературы

1. Муханин, Л. Г. Схемотехника измерительных устройств: учебное пособие / Л. Г. Муханин. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 284 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-0843-6 — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205958125038> (дата обращения: 08.02.2025)
2. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — 7-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 736 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/353639> (дата обращения: 08.02.2025)

3. Системы автоматического регулирования. Теория. – URL: Системы автоматического регулирования. Теория. – URL: <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/princip-raboty-deshifratora-kratko.html> (дата обращения: 08.02.2025)

4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

5. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

6. Калач, А. В. О возможностях применения метода почти-периодического анализа для обработки изображений / А. В. Калач, А. А. Парамонов, С. Л. Сахаров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 44-52. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. – EDN НКBSAV.

7. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

8. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности / Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин, К. В. Зольников, О. А. Денисова, А. В. Полуэктов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.

9. Полуэктов, А. В. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных / А. В. Полуэктов, Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Mukhanin, L. G. Circuitry of measuring devices: Textbook / L. G. Mukhanin. – 2nd ed., erased. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2016. – 284 p.: ill. — (Textbooks for universities. Special literature). — ISBN 978 5 8114 0843 6 — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205958125038> (access date: 08.02.2025).

2. Ivanov, I. I. Electrical engineering and fundamentals of electronics: Textbook / I. I. Ivanov, G. I. Solovyov, V. Ya. Frolov. – 7th ed., revised. and additional. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2012. – 736 pp.: ill. — (Textbooks for universities. Special literature). — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/353639> (access date: 08.02.2025)
3. Automatic control systems. Theory. — URL: Automatic control systems. Theory. — URL: <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/princip-raboty-deshifratora-kratko.html> (access date: 08.02.2025)
4. Poluektov, A. V. Modelling of the attenuation of the ionizing radiation due to the protective case of microchips / A. V. Poluektov, R. Yu. Medvedev, A. I. Zarevich // Modelling of systems and processes. — 2024. — T. 17, № 2. — C. 93-100. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-2-93-100. — EDN QQRQXE.
5. Creation of means of checking an electrical circuit using a test circuit of external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 36-44. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. — EDN EAGOOO.
6. Kalach, A. V. On the possibilities of using the method of near-periodic analysis for image processing / A. V. Kalach, A. A. Paramonov, S. L. Sakharov // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 44-52. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. — EDN HKBSAV.
7. Korobova, L. A. A systematic approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Eynullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 52-61. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. — EDN PSBDLB.
8. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combination device with reliability in mind / Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin, K. V. Zolnikov, O. A. Denisova, A. V. Poluektov // Modeling of systems and processes. — 2022. — Vol. 15, No. 1. — pp. 115-124.
9. Poluektov, A. V. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data / A. V. Poluektov, Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin // Modeling systems and processes. — 2022. — Vol. 15, No. 2. — pp. 33-41.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АППРОКСИМАЦИИ ДАННЫХ

А.В. Полуэктов¹, А.И. Заревич¹, Ф.В. Макаренко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе математические методы аппроксимации данных, история их появления, алгоритмы необходимые для выполнения математических расчётов, а также представлены программы на языке программирования *C#* для программной обработки данных. Выполняется сравнительный анализ каждого из методов, оцениваются их индивидуальные особенности, проводится сравнительный анализ.

Ключевые слова: аппроксимация данных, язык программирования *C#*, линейная аппроксимация, полиномиальная аппроксимация, аппроксимацию сплайнами, аппроксимация с использованием нейронных сетей, MathNet, ALGLIB, Accord.NET.

MATHEMATICAL METHODS FOR DATA APPROXIMATION

A.V. Poluektov¹, A.I. Zarevich¹, Ph.V. Makarenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This work examines mathematical methods for data approximation, their history of development, algorithms necessary for performing mathematical calculations, and also presents programs in the *C#* programming language for software data processing. A comparative analysis of each method is performed, their individual characteristics are evaluated, and a comparative analysis is conducted.

Key words: data approximation, *C#* programming language, linear approximation, polynomial approximation, spline approximation, approximation using neural networks, MathNet, ALGLIB, Accord.NET.

Проведение серии опытов заканчивается появлением довольно обширного набора данных, который затем необходимо обработать для определения функции которая с определенной степенью погрешности описывала бы проведенный эксперимент. Для решения данной задачи необходимо провести аппроксимацию

данных, при этом возникает проблема, связанная с тем, что существует довольно большой класс математических методов для аппроксимации данных, так и необходимость компьютерной обработки данных. Необходимость компьютерной обработки данных привязана к тому, что объем обрабатываемых данных может содержать сотни данных, а метод может использовать средства искусственного интеллекта. Поэтому рассмотрим, как сами методы, их историю появления, математический алгоритм преобразования данных, так и пример обработки данных с использованием языка программирования C#.

На сегодняшний день существуют множество методов аппроксимации данных, из них мы рассмотрим: линейную, полиномиальную, аппроксимацию сплайнами, а также аппроксимацию с использованием нейронных сетей.

Первые три метода используются в тех случаях, когда наборы данных визуально «подсказывают» вид графика, последний, когда наборы данных порядка нескольких тысяч, а график визуально не отображается.

Рассмотрим линейную аппроксимацию. Данный метод является одним из старейших и широко используется в математике и прикладных науках. Данный метод использовали ученые и философы при попытке описать природные явления с помощью простых математических моделей. В построение данного метода внесли Пьер-Симон Лаплас, Карл Фридрих Гаусс и Адриен-Мари Лежандр.

Рассмотрим алгоритм выполнения расчетов.

1. Пусть имеется набор из n точек (x_i, y_i) , где $i=1, 2, \dots, n$.
2. Вычисляются средние значения: $\bar{x}$ и $\bar{y}$:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

3. Вычисляются коэффициент наклона a и свободный член b :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

4. После нахождения a и b уравнение прямой принимает вид: $y = ax + b$.
5. Проводится оценка качества аппроксимации через коэффициент детерминации R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

где $\hat{y}_i = ax_i + b$ — предсказанное значение.

На основании представленного алгоритма могут быть проведены исследования как в ручном подсчете, так и с использованием программы, ниже представлен код метода на языке C#.

```
using System;
using MathNet.Numerics.LinearRegression;
class Program
{
    static void Main()
    {
        double[] x = { 1, 2, 3, 4, 5 };
        double[] y = { 2, 4, 5, 4, 5 };
        var (a, b) = SimpleRegression.Fit(x, y);
        Console.WriteLine($"Линейная аппроксимация: y = {a}x + {b}");
    }
}
```

Следующий метод аппроксимации – полиномиальная аппроксимация. Она позволяет описывать более сложные зависимости с помощью полиномов. В разработке данного метода участвовали такие ученые, как Исаак Ньютон, Джозеф Луи Лагранж и Карл Фридрих Гаусс.

Полиномиальная аппроксимация заключается в приближении функции или набора данных полиномом степени m :

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m,$$

где $P(x)$ — аппроксимирующий полином, $a_0, a_1, \dots, a_m$ — коэффициенты полинома, m — степень полинома.

Рассмотрим алгоритм для проведения расчетов.

1. Пусть имеется набор из n точек (x_i, y_i) , где $i=1, 2, \dots, n$.
2. Определяется степень полинома m . Обычно $m < n$.
3. Составляется система уравнений. Для нахождения коэффициентов $a_0, a_1, \dots, a_m$ решается система линейных уравнений, которая возникает из условия минимизации суммы квадратов отклонений:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - (a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m))^2 \rightarrow \min$$

Эта система может быть записана в матричной форме: $X^T X a = X^T y$,

где X — матрица значений независимой переменной $X =$

$$\begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^m \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots & x_2^m \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^m \end{pmatrix}, a — \text{вектор коэффициентов } a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{pmatrix}, y — \text{вектор значений зависимой переменной } y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}.$$

4. Выполняется нахождение корней системы уравнений, т.е. определяются коэффициенты a .

5. Оценка качества аппроксимации строится на основании определения коэффициента детерминации R^2 : $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - P(x_i))^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$, где $\bar{y}$ — среднее значение y .

Для программной обработки в $\text{c\#}$ можно использовать библиотеку `MathNet.Numerics`.

```
using System;
using MathNet.Numerics;
class Program
{
    static void Main()
    {
        double[] x = { 1, 2, 3, 4, 5 };
        double[] y = { 2, 4, 5, 4, 5 };
        var coefficients = Fit.Polynomial(x, y, 2); // Полином 2-й степени
        Console.WriteLine("Полиномиальная аппроксимация: y = " + coefficients[2] + "x^2 + " + coefficients[1] + "x + " + coefficients[0]);
    }
}
```

Если обработать эксперимент требуется очень точно, то здесь подойдет метод — Аппроксимация сплайнами. Данный термин "сплайн" происходит от гибких линеек, которые использовались в кораблестроении и черчении для создания гладких кривых. Основной вклад в развитие теории сплайнов внесли такие ученые, как Исаак Шёнберг (который ввел понятие сплайна в 1946 году), Карл де

Бур (разработка В-сплайнов) и Пьер Безье (применение сплайнов в компьютерной графике). Наиболее распространены кубические сплайны, которые используют полиномы третьей степени.

Кубический сплайн на отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ задается в виде:

$$S_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3,$$

где a_i, b_i, c_i, d_i — коэффициенты сплайна.

Опишем алгоритм расчетов

1. Пусть имеется набор из n точек (x_i, y_i) , где $i=1, 2, \dots, n$, и $x_1 < x_2 < \dots < x_n$.
2. Определение узлов. Узлы сплайна — это точки x_i , в которых соединяются сегменты сплайна.
3. Задание условий гладкости. Для кубического сплайна требуется выполнение следующих условий:
 - непрерывность функции: $S_i(x_i) = S_{i-1}(x_i)$;
 - непрерывность первой производной: $S'_i(x_i) = S'_{i-1}(x_i)$;
 - непрерывность второй производной: $S''_i(x_i) = S''_{i-1}(x_i)$.
4. Определяем граничные условия. Для однозначного определения сплайна задаются граничные условия на концах интервала. Например:
 - естественные граничные условия: $S''(x_1) = S''(x_n) = 0$;
 - условия на производные: $S'(x_1) = y'_1, S'(x_n) = y'_n$.
5. На основе условий гладкости и граничных условий составляется система линейных уравнений для нахождения коэффициентов a_i, b_i, c_i, d_i .
6. После нахождения коэффициентов сплайн на каждом отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ задается в виде $S_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + c_i(x - x_i)^2 + d_i(x - x_i)^3$.

Для работы со сплайнами в C# можно использовать библиотеку ALGLIB.

```
using System;
using alglib;
class Program
{
    static void Main()
    {
        double[] x = { 1, 2, 3, 4, 5 };
        double[] y = { 2, 4, 5, 4, 5 };
        spline1dinterpolant s;
        spline1dbuildcubic(x, y, out s);
    }
}
```

```

        Console.WriteLine("Аппроксимация сплайнами: значение в точке
x=3.5: " + spline1dcalc(s, 3.5) );
    }
}

```

Последняя аппроксимация предназначена для оценки сложных нелинейных зависимостей для этого используется аппроксимация с использованием нейронных сетей. Данный метод строится на основе использования машинного обучения и искусственного интеллекта. В основе данного метода были работы Франка Розенблатта, Дэвида Румельхарта, Джорджа Хинтона и других ученых.

Идея использования нейронных сетей строится на возможности минимизировать ошибку между предсказанными значениями и истинными значениями функции. А для этого используются различные архитектуры нейронных сетей, такие как:

- многослойный перцептрон (MLP) ;
- радиально-базисные нейронные сети (RBF) ;
- сверточные нейронные сети (CNN) ;
- рекуррентные нейронные сети (RNN).

Процесс обучения нейронной сети для аппроксимации функции можно разделить на несколько основных этапов:

1. Собрать набор данных $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)\}$, разделить исходные данные на обучающую, валидационную и тестовую выборки.

- Выбрать тип нейронной сети и задать следующие параметры: количество скрытых слоев; количество нейронов в каждом слое; активационные функции.

2. Инициализировать веса и смещения случайными значениями.

3. Использовать алгоритм обратного распространения ошибки для минимизации функции потерь.

4. Если качество аппроксимации не удовлетворяет требованиям, можно изменить архитектуру сети, размер обучающей выборки или параметры обучения.

Для работы с нейронными сетями в C# используется библиотека Accord.NET:

```

using System;
using Accord.Neuro;

```

```

using Accord.Neuro.Learning;
class Program
{
    static void Main()
    {
        double[][] inputs = { new double[] { 1 }, new double[] { 2 }, new double[]
{ 3 }, new double[] { 4 }, new double[] { 5 } };
        double[] outputs = { 2, 4, 5, 4, 5 };
        var network = new ActivationNetwork(new SigmoidFunction(), 1, 5, 1);
        var teacher = new BackPropagationLearning(network);
        for (int i = 0; i < 1000; i++)
            teacher.RunEpoch(inputs, outputs);
        double result = network.Compute(new double[] { 3.5 }) [0];
        Console.WriteLine("Аппроксимация нейронной сетью: значение в
точке x=3.5: " + result);
    }
}

```

Таким образом, математические методы аппроксимации данных играют важную роль в анализе и моделировании сложных систем и выбор метода зависит от характера данных, требуемой точности и вычислительных ресурсов. Понимание особенностей каждого метода позволяет эффективно применять их в различных областях науки и техники, а использование практических реализаций на языке программирования C# упростит обработку данных.

Список литературы

1. Нейдорф, Р. А. Математическое описание трехмерных существенно нелинейных зависимостей по экспериментальным данным методом "Cut-Glue" аппроксимации / Р. А. Нейдорф, В. В. Полях // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – № 3(43). – С. 10-19. – EDN YTVYFF.
2. Нейдорф, Р. А. Математическое описание трехмерных существенно нелинейных зависимостей по экспериментальным данным методом "Cut-Glue" аппроксимации / Р. А. Нейдорф, В. В. Полях // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – № 3(43). – С. 10-19. – EDN YTVYFF.

3. Бирюков, А. Н. Модифицированный метод вложенных математических моделей, основанный на взаимосвязанном управлении информативностью данных и качеством их аппроксимации в байесовском ансамбле нейросетей / А. Н. Бирюков, О. И. Глущенко // Перспективы развития информационных технологий. – 2011. – № 3-2. – С. 182-187. – EDN RRYEWZ.

4. Антибас, И. Р. Сравнение численного метода и компьютерного моделирования линейной регрессии оптимального профиля среза транспортирующего устройства от величины подачи хлебной массы / И. Р. Антибас, А. Г. Дьяченко, Т. П. Савостина // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14, № 9(97). – С. 1432-1440. – DOI 10.35679/1991-9476-2019-14-9-1432-1440. – EDN QUGNQJ.

5. Макаров, А. А. Теория минимальных сплайн-всплесков и ее приложения: специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ": диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Макаров Антон Александрович. – Санкт-Петербург, 2012. – 345 с. – EDN QFNGZT.

6. Яковлев, К. Н. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов аннотация / К. Н. Яковлев // ПЕРСПЕКТИВЫ науки и ОБЩЕСТВА в УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ : сборник статей Международной научно-практической конференции, Пермь, 12 марта 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 35-43. – EDN JGOTYP.

7. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.

8. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

References

1. Neidorf, R. A. Mathematical Description of Three-Dimensional Strongly Nonlinear Dependencies Based on Experimental Data Using the "Cut-Glue" Approximation Method / R. A. Neidorf, V. V. Polyakh // Caspian Journal: Management and High Technologies. – 2018. – No. 3(43). – Pp. 10-19. – EDN YTVYFF.

2. Neidorf, R. A. Mathematical Description of Three-Dimensional Strongly Nonlinear Dependencies Based on Experimental Data Using the "Cut-Glue" Approximation Method / R. A. Neidorf, V. V. Polyakh // Caspian Journal: Management and High Technologies. – 2018. – No. 3(43). – Pp. 10-19. – EDN YTVYFF.

3. Biryukov, A. N. A Modified Method of Nested Mathematical Models Based on Interrelated Control of Data Informativeness and Approximation Quality in a Bayesian Ensemble of Neural Networks / A. N. Biryukov, O. I. Glushchenko // Prospects for the Development of Information Technologies. – 2011. – No. 3-2. – Pp. 182-187. – EDN RRYEWZ.

4. Antibas, I. R. Comparison of a Numerical Method and Computer Simulation of Linear Regression for the Optimal Profile of a Conveying Device's Cut Depending on the Feed Rate of Bread Mass / I. R. Antibas, A. G. Dyachenko, T. P. Savostina // Scientific Life. – 2019. – Vol. 14, No. 9(97). – Pp. 1432-1440. – DOI 10.35679/1991-9476-2019-14-9-1432-1440. – EDN QUGNQJ.

5. Makarov, A. A. Theory of Minimal Spline Wavelets and Its Applications: Specialty 05.13.18 "Mathematical Modeling, Numerical Methods, and Software Complexes": Dissertation for the Degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences / Anton Aleksandrovich Makarov. – St. Petersburg, 2012. – 345 p. – EDN QFNGZT.

6. Yakovlev, K. N. Approximation of Experimental Data Using the Least Squares Method: Abstract / K. N. Yakovlev // Prospects for Science and Society in the Context of Innovative Development: Collection of Articles from the International Scientific and Practical Conference, Perm, March 12, 2022. – Ufa: Omega Science LLC, 2022. – Pp. 35-43. – EDN JGOTYP.

7. Paramonov, A. A. Study of the Structure of a Tropical Cyclone Based on the Analysis of Satellite Video Data Using the Almost Periodic Analysis Method / A. A. Paramonov, A. V. Kalach, A. S. Kravchenko // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.

8. Sumin, V. I. Use of Situational Modeling in the Development of Decision-Making Systems for Complex Organizational Systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

И.А. Прокопенко¹, Т.В. Скворцова¹, А.Ю. Павлов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при изучении и описании был проведен анализ выбранной темы. Была изучена соответствующая литература, описывающая этапы, особенности и практическое применение статистического метода.

Ключевые слова: Статистика, Статистический метод.

STATISTICAL METHOD OF DATA PROCESSING

I.A. Prokopenko¹, T.V. Skvortsova¹, A.Y. Pavlov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, an analysis of the chosen topic was carried out during the study and description. The relevant literature describing the stages, features and practical application of the statistical method was studied.

Keywords: Statistics, Statistical method.

Введение

В современном мире объемы данных растут с гигантской скоростью, причем это касается всех сфер деятельности, начиная от науки, заканчивая маркетингом. Но утверждать, что данные сами по себе имеют огромную ценность, до момента их анализа, не стоит.

Статистический метод обработки данных является одним из ключевых инструментов, позволяющих выявлять закономерности, делать обоснованные выводы и принимать стратегические решения.

Благодаря статистическому анализу можно не только изучать существующие зависимости и взаимодействия между различными факторами, но и прогнозировать состояние системы на будущее.

В данной статье рассматриваются основные принципы статистического метода обработки данных, его ключевые принципы, этапы, а также особенности и практическое применение в различных областях.

Начнем с того, что дадим определение такому понятию, как «статистический метод».

Итак, статистический метод — это процесс управления данными, основанный на статистических методах. Можно сказать, еще проще, статистический метод — это способ обработки статистических данных, который используется нами для получения результатов/выводов.

Одной из ключевых характеристик статистического метода является его способность как можно легче прочесть набор данных и делать на их основе выводы и предоставлять нам результаты, полученные в ходе статистического анализа выборки данных.

Этапами метода являются: сбор, подсчет, представление, синтез и анализ. Далее мы рассмотрим, из чего состоит каждый шаг статистического метода:

1. Сбор: этот этап статистического метода состоит из сбора данных, с помощью которых будет проводиться статистическое исследование. Осуществление сбора данных может происходить разными способами, например: это может быть как простое наблюдение, так и анализирование, т.е. анализируемое свойство должно быть измерено и рассчитано.

2. Подсчет: это этап, на котором выполняется расчет каждого значения. Если рассматривать более конкретно, то на этом этапе рассчитывается статистическая частота каждого значения, после чего из этих данных создают таблицу, поскольку она суммирует все типы частот и позволяет быстро визуализировать частоту каждого значения.

3. Представление: в дело идет график, ведь именно с его помощью мы можем более точно и детально предоставить данные.

4. Синтез: этап, как следует из названия, состоит в синтезе ряда изучаемых данных. Для этого рассчитываются статистические показатели, которые позволяют получить представление о изучаемой выборке.

5. Анализ: финальный этап, в котором делаются выводы исследования.

Представление этапов статистического метода изображено на рисунке 1.

На основе измерений, рассчитанных на предыдущих этапах, анализируется выборка данных и определяется достоверность выдвинутых гипотез, или же их проверка. Проверка гипотез — это статистическая процедура, используемая для определения вероятности того, что гипотеза верна или ложна.



Рисунок 1 – Этапы статистического метода обработки данных

Теперь коснемся главных особенностей статистического метода:

1. Объем выборки – ведь от него зависят точность и достоверность. Чем больше данных – тем точнее результаты.
2. Позволяет делать прогнозы – будущее поведение системы смело можно предсказать, взяв за основу прошлые данные.
3. Применение в различных сферах, начиная от бизнеса и заканчивая социологией.

А теперь, какое практическое применение и в каких областях может иметь статистический метод.

Статистические методы обработки данных могут применяться во многих областях человеческой деятельности. Их можно разделить на 3 основных типа:

1. Универсальные методы, которые можно использовать независимо от области применения. Пример: моделирование – создание и изучение модели объекта, т.е. его упрощенной замены, которая сохраняет его основные черты от оригинала; наблюдение – целенаправленное и организованное восприятие объекта для его изучения и т.д.

2. Методы для определенных областей деятельности, связанных с изучением реальных процессов или явлений. Пример: наблюдение, беседа, анкетирование, анализ письменных и творческих работ учащихся – применимы в педагогике.

3. Методы исследования определенных данных (качественные, количественные, опросные и другие методы).

Заключение

С развитием технологий и увеличением объемов данных преимущество статистического анализа продолжает расти. В отличие от современных методов машинного обучения и искусственного интеллекта, статистика открывает новые возможности для более точного анализа данных и автоматизации процессов.

Таким образом, статистический метод обработки данных остается мощным инструментом, позволяя не только систематизировать информацию, но и извлекать из нее полезные знания, необходимые для принятия обоснованных решений в различных сферах деятельности.

Список литературы

1. Лукьяненко, И. С. Статистика / И. С. Лукьяненко. – М.: Лань, 2023. – 200 с.
2. Мойзес, Б. Б. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных / Б. Б. Мойзес, И. В. Плотникова, Л. А. Редько. – М.: Юрайт, 2019. – 118 с.
3. Рао, С. Р. Линейные статистические методы и их применение / С. Р. Рао. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 2006. – 548 с.
4. Статистическая обработка данных и ее особенности. – URL: <https://vogueindustry.com/17249379-statistical-data-processing-and-its-features>. – 03.02.2025.
5. Высоцкая, И. А. Поиск множества допустимых управленческих решений в технических системах / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. – EDN RMCOIA.
6. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников,

А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

7. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов / А. И. Заревич, Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.

8. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

References

1. Lukyanenko, I. C. Statistics / I. C. Lukyanenko. – Moscow: Lan, 2023. – 200 с.

2. Moises, B. B. Statistical methods of quality control and processing of experimental data / B. B. Moises, I. V. Plotnikova, L. A. Redko. – Moscow: Yurait, 2019. 118 с.

3. Rao, S. R. Linear statistical methods and their application / S. R. Rao. – Moscow: Main editorial office of physical and mathematical literature of the publishing house 'Nauka', 2006. – 548 с.

4. Statistical data processing and its features. – URL: <https://vogueindustry.com/17249379-statistical-data-processing-and-its-features>. – 03.02.2025.

5. Vysotskaya, I. A. Search for a set of acceptable management decisions in technical systems / I. A. Vysotskaya // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. – EDN RMCOIA.

6. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

7. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms / A. I. Zarevich, Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin, K. V. Zolnikov // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.

8. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A.V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. - 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

ФУНКЦИИ ШЕФФЕРА И ПИРСА

Е.И. Скворцова¹, С.Р.Климентьев¹, В.Ю. Федоров¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при изучении и описании был проведен анализ выбранной темы. Была изучена соответствующая литература логических операций. Примеры приведены в соответствии с выбранной темой.

Ключевые слова: логическое выражение

SCHAEFFER AND PIERCE FUNCTIONS

E.I. Skvortsova¹, S.R. Klimentev¹, V.Y. Fedorov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, an analysis of the chosen topic was carried out during the study and description. The relevant literature of logical operations has been studied. Examples are given according to the chosen topic.

Keywords: logical expression

Введение

В данной статье будет рассмотрена такая тема как “Функции Шеффера и Пирса”.

Логические операции – математические действия, которые производятся над двумя переменными и приводят к определенному результату.

А теперь немного о человеке, который ввел понятие логической операции, и благодаря которому мы можем использовать это понятие. Джордж Буль разработал понятие алгебры логики, тем самым создал понятие логической операции. Понятие алгебры логики появилось в 1847 году.

Штрих Шеффера

Штрих Шеффера – это определенная логическая операция, в которой используется две переменные и в конце имеет определенный результат.

Ввел это определение американский математик Генри Шеффер в 1913 году и обозначается она как “ $|$ ” или “ $\uparrow$ ”.

Свойства штриха Шеффера

В данной логической операции в результате всегда будет значение истинное, за исключением, когда обе переменные будут равны единице.

Основное свойство: $A|B = \text{not } (A * B)$

Читается как: не (А и В)

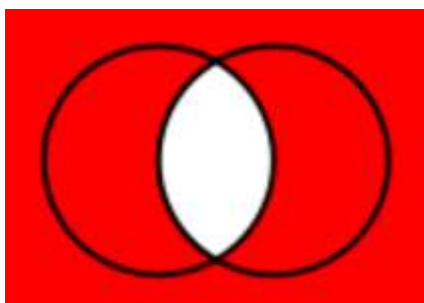


Рисунок 1 – Диаграмму Эйлера Венна для штриха Шеффера

A	B	$A B$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Рисунок 2 – Таблица истинности для штриха Шеффера

Определение Стрелки Пирса

Стрелка Пирса – это определенная логическая операция, в которой используется две переменные и в конце имеет определенный результат.

Ввел данное определение в оборот американским математиком Чарльзом Пирсом в 1880 – 1881 годах и обозначается как “ $\downarrow$ ”.

Свойства стрелки Пирса

В этой операции результат выражения будет не равен нулю, только в том случае, если обе переменные будут равны нулю.

Основным свойством данной операции считается: $A \downarrow B = \text{not } (A + B)$

Читается стрелка Пирса как: не (А или В)

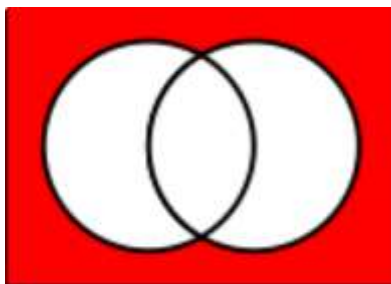


Рисунок 3 – Диаграмма Эйлера Венна для стрелки Пирса

A	B	$A \downarrow B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Рисунок 4 – Таблица истинности для стрелки Пирса

Применение стрелки Пирса и штриха Шеффера

Функции штриха Шеффера и стрелки Пирса имеют широкое применение в электронике для использования сигналов.

Заключение

В данной статье мы изучили основные логические операции, такие как функции штриха Шеффера и стрелка Пирса, узнали, как их использовать и где они применяются.

Список литературы

1. Стрелка Пирса // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стрелка_Пирса (дата обращения: 29.01.2025).
2. Стрелка Пирса // Большая российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru/c/strelka-pirsa-b50415> (дата обращения: 28.01.2025).
3. Штрих Шеффера // Википедия. – URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Штрих_Шеффера (дата обращения: 28.01.2025).
4. Штрих Шеффера // Большая российская энциклопедия. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Штрих_Шеффера (дата обращения: 22.01.2025).
5. Логические операции и их функции // Справочник. – URL: https://spravochnik.ru/informatika/algebra_logiki_logika_kak_nauka/logicheskie_operacii_i_ih_svoystva/ (дата обращения: 01.02.2025).

6. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

References

1. Pierce's arrow // Wikipedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Стрелка_Пирса (date of reference: 29.01.2025).
2. Pierce's Strelka // Bolshaya Rossiyskaya Encyclopaedia. – URL: <https://bigenc.ru/c/strelka-pirsa-b50415> (date of address: 28.01.2025).
3. Scheffer's stroke // Wikipedia. – URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Штрих_Шеффера (date of address: 28.01.2025).
4. Scheffer's stroke // Bolshaya Rossiyskaya encyclopaedia. – URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Штрих_Шеффера (date of address: 22.01.2025).
5. Logical operations and their functions // Reference book. – URL: https://spravochnik.ru/informatika/algebra_logiki_logika_kak_nauka/logicheskie_operacii_i_ih_svoystva/ (date of address: 01.02.2025).
6. Computer modelling of the operability of the finishing procedures and the parasitic elements in the software-hardware complex of the microcircuit design / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modelling of the systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, В.С. Шапкин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные интегральные характеристики векторных полей, которые играют ключевую роль в различных областях физики и инженерии. Обсуждаются такие понятия, как поток векторного поля, циркуляция и дивергенция, а также их физическое значение и применение в задачах, связанных с электромагнетизмом, гидродинамикой и механикой. Статья акцентирует внимание на методах вычисления интегральных характеристик, которые позволяют связывать локальные свойства векторных полей с их интегральными характеристиками. Приводятся примеры практического применения этих теорем в решении реальных задач, таких как анализ потоков жидкости и электрических полей.

Ключевые слова: векторные поля, замкнутая поверхность, элементарный поток, замкнутая траектория, суммарная сила.

INTEGRAL CHARACTERISTICS OF VECTOR FIELDS

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, V.S. Shapkin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article discusses the main integral characteristics of vector fields that play a key role in various fields of physics and engineering. Concepts such as vector field flow, circulation and divergence are discussed, as well as their physical significance and application in problems related to electromagnetism, hydrodynamics and mechanics. The article focuses on methods for calculating integral characteristics that allow us to relate local properties of vector fields to their integral characteristics. Examples of practical application of these theorems in solving real problems, such as the analysis of fluid flows and electric fields, are given.

Keywords: vector fields, closed surface, elementary flow, closed trajectory, total force.

В электростатике поля внутри вещества складывались из полей зарядов, заданных условиями задач и дополнительных полей, генерируемых заряженными частицами, из которых сложено вещество и в результате мы получали некоторое суммарное поле, для описания которого приходилось вводить сложные математические действия:

$$E = E_0 + E',$$

где E – полная энергия системы или объекта. Она может включать различные формы энергии, такие как кинетическая, потенциальная, тепловая и другие;

E_0 – начальная энергия системы. Она представляет собой уровень энергии, который система имела в начале рассматриваемого процесса или состояния. Это может быть, например, энергия системы до какого-либо взаимодействия или изменения;

E' – изменение энергии, которое произошло в системе. Это может быть добавленная энергия (например, в результате работы или тепла, переданного в систему) или потерянная энергия (например, в результате работы, выполненной системой на окружающую среду).

То же самое будет в магнитостатике, разделив магнитные поля на свободные поля, создаваемые свободными токами, которые двигаются по проводам и которые управляются нами, и дополнительные магнитные поля, которые будут генерироваться частицами, слагающими вещество:

$$B = B_0 + B',$$

где B – полное значение некоторой физической величины B ;

B_0 – значение, которое величина имела в начале наблюдаемого процесса или состояния;

B' – изменение величины B , которое произошло в результате внешних или внутренних факторов. Это изменение может быть положительным или отрицательным, в зависимости от того, увеличивается или уменьшается величина B .

Но здесь возникнут трудности:

1) В отличие от электростатики, поведение частиц вещества в магнитном поле невозможно описать на языке классической физики и придется вспомнить квантовую механику.

2) При построении теории и описании магнитных полей в веществе исторически была сделана ошибка – введена неправильная система определений.

В электростатике существовали некоторые тела и некоторые материалы, внутри которых электрическое поле обращалось в ноль – проводники. В магнитостатике есть аналогичные вещества, внутри которых магнитное поле всегда равно нулю, такие вещества называются сверхпроводниками.

Обычные проводники имеют газ из свободных электронов, которые под действием электрических полей могут двигаться, но по пути они налетают на некоторые препятствия, мешающие движению, и эти препятствия приводят к тому, что возникает омическое сопротивление, поэтому плотность электрического тока в обычных проводниках определяется напряженностью поля, которое приводит в движение электроны и свойства материала, которые описываются с помощью таких параметров, как проводимость, удельное сопротивление или обычное омическое сопротивление:

$$j = \sigma E = E / \rho,$$

где j – плотность тока, количество электрического заряда, проходящего через единичную площадь в единицу времени;

σ – электропроводность материала, способность материала проводить электрический ток. Чем выше проводимость, тем легче электрический ток проходит через материал;

E – напряженность электрического поля, векторная величина, описывающая силу, действующую на единичный положительный заряд в данной точке пространства;

ρ – удельное сопротивление материала, удельное сопротивление является обратной величиной проводимости. Оно характеризует способность материала сопротивляться прохождению электрического тока.

Но оказывается, что при низких температурах, иногда получается так, что электроны, движущиеся в образце, перестают замечать препятствия, мешающие их движению. И тогда электрическое сопротивление обращается в ноль. Примем, что есть вещество с нулевым омическим показателем. Именно такие вещества называют проводниками.

Если к такому образцу подносить магнит, то через любой контур, который мы можем представить внутри образца, будут проходить все больше и больше число магнитных линий, то есть будет меняться магнитный поток. При изменении магнитного потока, пронизывающего контур, возникает ЭДС индукции Фа-

радея, которое способствует появлению токов, которые, в свою очередь, по правилу Ленца, захотят двигаться в таком направлении, чтобы по возможности уменьшить причину, приводящую к появлению этих токов:

$$E = \left| \frac{d\Phi}{dt} \right|,$$

где E – электродвижущая сила, измеряемая в вольтах (В). Она представляет собой напряжение, возникающее в проводнике при изменении магнитного поля;

Φ – магнитный поток, измеряемый в веберах (Вб). Он определяется как произведение магнитной индукции на площадь, через которую проходит магнитное поле, и угол между ними;

$\frac{d\Phi}{dt}$ – производная магнитного потока по времени, которая показывает, как быстро изменяется магнитный поток. Знак "модуль" указывает на то, что нас интересует величина изменения, а не его направление:

$$I = \frac{E}{R_{\Sigma}},$$

где I – электрический ток, измеряемый в амперах (А). Он представляет собой количество заряда, проходящего через проводник за единицу времени;

E – напряжение или ЭДС, измеряемая в вольтах (В);

R_{Σ} – полное сопротивление цепи, измеряемое в омах. Оно может включать, как сопротивления отдельных элементов цепи, так и эквивалентное сопротивление в случае параллельного или последовательного соединения.

Величина индуцируемых токов определяется не только скоростью изменения магнитного потока, то есть ЭДС, но и сопротивлением контура, но в сверхпроводнике сопротивление контура равно нулю. Это не значит, что ток будет двигаться бесконечно большим, что можно было бы ожидать, что сопротивление контура, стоящего в знаменателе, обращается в ноль. Дело в том, что ток будет нейтрализовать причину, приводящую к его изменению, то есть своим магнитным полем будет компенсировать возрастание магнитного поля, возникающего при приближении магнита к сверхпроводнику. В результате индуцирования ток будет расти до тех пор, пока полностью не нейтрализует причину своего возникновения. А это означает, что при приближении постоянного магнита к сверхпроводнику возникают индукционные токи, которые создают такое магнитное поле, что в объеме сверхпроводника полное поле обращается в ноль.

Электрические свойства сверхпроводников:

$$E(r \in V_n) = E_0 + E',$$

где $E(r \in V_n)$ – электрическое поле в точке r , которая принадлежит области V_n . Векторная величина, показывающая направление и величину силы, действующей на единичный положительный заряд в данной точке;

E_0 – значение электрического поля в некоторой базовой или начальной точке, которая может быть выбрана как эталон. Это значение может быть постоянным или зависеть от других факторов, таких как расстояние до источника поля или распределение зарядов;

E' – изменение электрического поля, которое происходит за счет внесения электрических зарядов, изменение распределения зарядов, влияние внешних полей. Этот факт, может быть, как положительным, так и отрицательным, в зависимости от конфигурации зарядов.

Магнитные свойства сверхпроводников:

$$B(r \in V_n) = B_0 + B',$$

где $B(r \in V_n)$ – магнитное поле в точке r , которая принадлежит области V_n . Оно измеряется в теслах (Т) и представляет собой векторную величину, показывающую направление и величину магнитного поля в данной точке;

B_0 – базовое значение магнитного поля, которое можно рассматривать как эталонное или начальное значение в данной области. Это поле может быть постоянным или варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как расстояние до источника магнитного поля или распределение токов;

B' – дополнительный вклад в магнитное поле, который может возникать из-за различных источников, таких как токи в проводниках, изменение распределения магнитных зарядов или влияние внешних магнитных полей. Этот вклад может быть, как положительным, так и отрицательным, в зависимости от конфигурации источников.

Если полное поле равно нулю, то по теореме циркуляции любой ток внутри сверхпроводника, если бы он двигался, должен был бы генерировать вращающееся вокруг него магнитное поле, но так как магнитное поле равно нулю, в объеме сверхпроводников никакие индуцированные токи двигаться не могут, они могут двигаться на поверхности сверхпроводящего образца.

Электрические свойства проводников:

$$\oint_{\Gamma^2} (E, dS) = 4\pi Q \Rightarrow Q(r \in V_n) = 0,$$

где $\oint_{\Gamma_2} (E, dS)$ – интеграл по замкнутой поверхности (Γ_2), который представляет собой поток электрического поля E , через эту поверхность. Здесь dS – элементарный векторный элемент площади, направленный наружу от поверхности. Интеграл показывает, сколько электрического поля проходит через замкнутую поверхность;

Q – общий заряд, заключенный внутри замкнутой поверхности (Γ_2). Константа 4π связана с системой единиц, используемой в уравнении, и возникает из решения уравнения Максвелла в сферической симметрии;

$Q(r \in V_n) = 0$ – условие означает, что заряд Q , заключенный в области V_n равен нулю. То есть в рассматриваемой области нет электрических зарядов.

Магнитные свойства проводников:

$$\oint_{\Gamma_2} (B, dl) = \frac{4\pi}{c} I \Rightarrow I(r \in V_{cn}) = 0,$$

где $\oint_{\Gamma_2} (B, dl)$ – интеграл по замкнутому контуру (Γ_2), который представляет собой циркуляцию магнитного поля B вдоль этого контура. Здесь dl – элементарный векторный элемент длины вдоль контура. Интеграл показывает, как магнитное поле "оборачивается" вокруг замкнутого контура;

$\frac{4\pi}{c} I$: где I – общий электрический ток, проходящий через поверхность, ограниченную контуром (Γ_2) ; в $\frac{4\pi}{c}$ используется скорость света в вакууме, где электрические и магнитные поля взаимосвязаны;

$I(r \in V_{cn}) = 0$ – электрический ток I , проходящий, через область V_{cn} , равен нулю. То есть в рассматриваемой области нет электрического тока.

В обычных проводниках доказывалась теорема о том, что любая пустая полость внутри сверхпроводника, не содержащая зарядов внутри себя, имеет нулевое электрическое поле. В сверхпроводниках верна та же теорема, но есть одно замечание, что замкнутая полость, свободная от токов внутри сверхпроводника имеет нулевое магнитное поле, лишь в том случае, если эта полость односвязна, то есть в полости, которая напоминает замкнутый туннель, внутри сверхпроводника магнитное поле существовать не может. А в полости, напоминающей пузырек, без каких-либо ключей из сверхпроводника, магнитное поле обязательно ноль.

Около поверхности проводника электрическое поле находится перпендикулярно поверхности проводника и при этом нормальная компонента поля была пропорциональна плотности поверхностного заряда на проводнике.

Электрические свойства проводников:

$$\oint_{\Gamma_2} (E, dS) = 4\pi Q \quad E_n = 4\pi\sigma$$

где $\oint_{\Gamma_2} (E, dS)$ – интеграл по замкнутой поверхности (Γ_2), который представляет собой поток электрического поля E , через эту поверхность. Здесь dS – элементарный векторный элемент площади, направленный наружу от поверхности. Интеграл показывает, сколько электрического поля проходит через замкнутую поверхность;

Q – общий заряд, заключенный внутри замкнутой поверхности (Γ_2). Константа 4π возникает из решения уравнения Максвелла в сферической симметрии и связана с системой единиц, используемой в уравнении;

E_n – обозначает нормальную компоненту электрического поля на поверхности, а σ – поверхностная плотность заряда на поверхности. Это уравнение показывает, что нормальная компонента электрического поля на поверхности пропорциональна поверхностной плотности заряда.

$$\oint_{\Gamma_1} (E, dI) = 0 \quad E\tau = 4\pi\sigma,$$

где $\oint_{\Gamma_1} (E, dI) = 0$ – интеграл по замкнутому контуру (Γ_1), который представляет собой циркуляцию электрического поля E вдоль этого контура. Здесь dI – элементарный векторный элемент длины вдоль контура. Условие равенства нулю указывает на то, что электрическое поле не создает чистой циркуляции вдоль замкнутого контура. Это может происходить в области, где нет свободных зарядов или токов, или когда электрическое поле является постоянным и не изменяется во времени;

$E\tau = 4\pi\sigma$ – обозначает тангенциальную компоненту электрического поля на поверхности, а σ это поверхностная плотность заряда на этой поверхности. Это уравнение показывает, что тангенциальная компонента электрического поля на поверхности пропорциональна поверхностной плотности заряда. Важно отметить, что это уравнение применимо в контексте граничных условий для электрических полей.

В случае сверхпроводника из теоремы о потоке вектора R через любую замкнутую поверхность, легко показать, что нормальная компонента вектора R

равна нулю. Не равна нулю тангенциальная компонента вектора, которая оказывается пропорциональна линейной плотности тока текущего по поверхности сверхпроводника.

Магнитные свойства сверхпроводников:

$$\oint_{\Gamma_2} (B, dS) = 0 \quad B_n = 0,$$

где $\oint_{\Gamma_2} (B, dS) = 0$ – интеграл по замкнутой поверхности (Γ_2), который пред-

ставляет собой поток магнитного поля B через эту поверхность. Здесь dS – векторный элемент площади, направленный наружу от поверхности. Условие равенства нулю указывает на то, что поток магнитного поля через замкнутую поверхность равен нулю. Это означает, что нет магнитных монополей, которые могли бы создавать магнитное поле внутри замкнутой поверхности. В классической электродинамике магнитные поля всегда образуются замкнутыми линиями, и магнитные монополи (изолированные магнитные заряды) не существуют;

$B_n = 0$ – обозначает нормальную компоненту магнитного поля на поверхности. Условие указывает на то, что нормальная компонента магнитного поля на границе равна нулю. Это означает, что магнитное поле не проникает через границу, что может быть связано с тем, что поверхность является проводящей или магнитное поле изменяется таким образом, что его нормальная компонента на этой границе равна нулю:

$$\oint_{\Gamma_1} (E, dI) = 4\pi \frac{1}{c} \quad B_\tau = 4\pi \frac{i}{c}$$

где $\oint_{\Gamma_1} (E, dI) = 4\pi \frac{1}{c}$ Это интеграл по замкнутому контуру (Γ_1), который представляет собой циркуляцию электрического поля E , вдоль этого контура. Здесь dI элементарный векторный элемент длины вдоль контура;

B_τ – означает тангенциальную компоненту магнитного поля, i – ток, проходящий через контур. Это уравнение связывает тангенциальную компоненту магнитного поля с током, проходящим через замкнутый контур. Условие показывает, что тангенциальная компонента магнитного поля пропорциональна токам, которые создают это магнитное поле;

Электрические поля всегда направлены перпендикулярно поверхности проводящего объема, а вот магнитные поля обтекают сверхпроводники, ориентируясь по касательной к поверхности каждой точки.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.
2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.
3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.
4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Narrytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.
5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.
6. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.
7. Титов, М. Ю. Процессы управления в высоконадежных системах специального и двойного назначения / М. Ю. Титов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.
2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.
3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.
4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.
5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.
6. Sumin, V. I. Development of a network model of target installations of complex organizational systems for special purposes / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, S. V. Rodin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.
7. Titov, M. Y. Control processes in highly reliable special and dual-purpose systems / M. Y. Titov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНА КУЛОНА

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, Д.М. Охрименко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые аспекты закона Кулона, который описывает взаимодействие между электрическими зарядами. Установлено, что сила взаимодействия между двумя точечными зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и прямо пропорциональна произведению величин этих зарядов. Статья акцентирует внимание на векторной природе силы, что позволяет более точно описывать направления и величины взаимодействий в различных системах. Статья подчеркивает значимость глубокого понимания закона Кулона для дальнейшего развития теории электрических взаимодействий и их практического применения в научных исследованиях и инженерных решениях.

Ключевые слова: закон кулона, точечные заряды, электрические взаимодействия, микроскопические тела, принцип суперпозиции.

MATHEMATICAL MODELING OF COULOMB'S LAW

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, D.M. Ohrimenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses key aspects of Coulomb's law, which describes the interaction between electric charges. It is established that the force of interaction between two point charges is inversely proportional to the square of the distance between them and directly proportional to the product of the magnitudes of these charges. The article focuses on the vector nature of force, which allows for a more accurate description of the directions and magnitudes of interactions in various systems. The article emphasizes the importance of a deep understanding of Coulomb's law for the further development of the theory of electrical interactions and their practical application in scientific research and engineering solutions.

Keywords: Coulomb's law, point charges, electrical interactions, microscopic bodies, superposition principle.

Рассмотрим, как будет взаимодействовать одна заряженная частица, которая находится в состоянии покоя с группой покоящихся элементарных заряженных частиц. Здесь учитывается принцип суперпозиции. Он означает, что суммарная электростатическая сила взаимодействия какой-либо заряженной частицы q_0 с группой частиц может быть вычислена как векторная сумма сил парных взаимодействий:

$$f_{0\Sigma} = \sum_i \frac{q_0 q_i}{|R - r_i|^3} (R - r_i),$$

где $f_{0\Sigma}$ – обозначение для результирующей силы, действующей на заряд q_0 из-за других зарядов q_i ;

$|R - r_i|$ – расстояние между зарядом q_0 и зарядом q_i ;

$|R - r_i|^3$ – возведение в третью степень расстояния используется для учета направления силы. Это связано с тем, что сила пропорциональна $\frac{1}{r^2}$ и векторная форма требует деления на $|R - r_i|$ для получения направленного вектора.

Можно взять первую из частиц, определяющих возникновение силы на рассматриваемом участке и рассчитать силу их взаимодействия, будто других частиц нет, потом вторую, третью и, вычислив эти силы, сложить.

Принцип суперпозиции выполняется для гравитационных и электромагнитных взаимодействий, а в сильных ядерных, химических взаимодействиях, принцип суперпозиции практически не применяется.

Чтобы рассчитать силу взаимодействия двух макроскопических тел, необходимо каждое из них представить, как совокупность элементарных частиц, рассчитать силы, возникающие в результате взаимодействия каждой частицы одного тела с каждой частицей другого тела, и эти силы сложить:

$$F_{12} = \sum_{ik} q_i q_k \frac{(r_1 + r_i) - (r_2 + r_j)}{|(r_1 + r_i) - (r_2 + r_j)|^3},$$

где F_{12} – результирующая сила, действующая между двумя зарядами q_1 и q_2 с учетом влияния других зарядов q_i и q_k ;

$(r_1 + r_i) - (r_2 + r_j)$ – выражение представляет собой вектор, указывающий направление от точки, где находится заряд q_2 к точке, где находится заряд q_1 ;

Здесь r_1 и r_2 это положения зарядов q_1 и q_2 соответственно, а r_i и r_j могут обозначать дополнительные положения, связанные с другими зарядами;

$|(r_1 + r_i) - (r_2 + r_j)|^3$ – куб расстояния между двумя точками, определяемыми положениями зарядов q_1 и q_2 .

Рассмотрим тела, размеры которых гораздо меньше расстояния между ними, такие тела называются точечными телами. В этом случае расстояние между двумя точечными телами можно характеризовать, как R , которое проведено из какой-либо удобной для нас точки одного тела в какую-либо точку другого тела:

$$r_1 - r_2 = r_{12} = R,$$

где r_1 – вектор, представляющий положение первого объекта в пространстве;

r_2 – вектор, представляющий положение второго объекта в пространстве;

r_{12} – вектор, который указывает направление и расстояние от второго объекта к первому. Вычисляется как разность векторов r_1 и r_2 .

Но относительно этих двух точек положения зарядов смещены, соответствующее смещение можем записать как в одном теле r_i и r_j в другом, тогда по принципу суперпозиции суммарная сила взаимодействия между двумя телами выражается следующей формулой:

$$F_{12} = \sum_{ik} q_i q_k \frac{R + r_i - r_j}{|R + r_i - r_j|^3} \approx (\sum_i q_i) * (\sum_j q_j) \frac{R}{|R|^3} = q_{1\Sigma} q_{2\Sigma} \frac{R}{|R|^3},$$

где F_{12} – результирующая сила, действующая между двумя группами зарядов. Она зависит от взаимодействия всех зарядов в системе;

$\sum_{ik} q_i q_k$ – суммирование по всем парам зарядов q_i и q_k . Здесь q_i – это заряд из первой группы, а q_k – заряд из второй группы. Это выражение учитывает взаимодействие между каждым зарядом из первой группы и каждым зарядом из второй группы;

$R + r_i - r_j$ – вектор, который указывает направление от одного заряда к другому;

R – вектор, определяющий расстояние между двумя основными объектами зарядов;

r_i и r_j – векторы, представляющие дополнительные заряды в системах, которые могут влиять на силу;

$|R + r_i - r_j|^3$ – куб длины вектора $R + r_i - r_j$. Он используется для нормализации векторной силы, поскольку сила пропорциональна $\frac{1}{r^2}$ и векторная форма требует деления на модуль;

$(\sum_i q_i) * (\sum_j q_j)$ – произведение сумм всех зарядов в первой и второй группах.

Здесь $q_{1\Sigma}$ и $q_{2\Sigma}$ обозначают суммарные заряды в каждой из групп;

$\frac{R}{|R|^3}$ – выражение представляет собой вектор, направленный от одного объекта к другому, нормализованный по кубу его длины. Это соответствует тому, как сила зависит от расстояния между зарядами.

В каждом слагаемом этой суммы, помимо R , есть незначительные слагаемые, которыми в случае точечных тел, при первом приближении можно пренебречь и тогда расстояние между рассматриваемыми телами перестает зависеть от номера заряда, тогда расстояние выносится из-под знака суммы и в результате суммирования получается всего лишь произведение макроскопических зарядов двух тел. В результате получаем закон Кулона. Два точечных макроскопических тела, находящихся в покое, взаимодействуют между собой с силой, пропорциональной произведению их макроскопических зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

По записи математического выражения этого закона получаем формулу, полностью совпадающую с законом взаимодействия элементарных частиц:

$$f_{12} = \text{const} \frac{q_1 q_2 r_{12}}{|r_{12}|^3},$$

где f_{12} – векторная сила, действующая между зарядами q_1 и q_2 ;

$q_1 q_2$ – величины зарядов, которые взаимодействуют друг с другом. Сила взаимодействия пропорциональна произведению этих зарядов;

$|r_{12}|^3$ – куб длины вектора r_{12} . Используется для нормализации векторной силы, так как сила пропорциональна $\frac{1}{r^2}$ и векторная форма требует деления на модуль.

Закон электростатического взаимодействия двух элементарных частиц является точным, а закон Кулона, где он представляется как экспериментальный факт, на самом деле, является законом приближенным:

$$F_{12} = \text{const} \frac{q_{1\Sigma} q_{2\Sigma} R}{|R|^3},$$

где F_{12} – векторная сила, действующая между двумя системами зарядов;

$q_{1\Sigma} q_{2\Sigma}$ – суммарные заряды двух систем;

R – вектор, определяющий расстояние между двумя основными объектами зарядов. Он может быть представлен как разность их положений в пространстве;

$|R|^3$ – модуль (длина) вектора R , который представляет собой расстояние между центрами зарядов двух систем.

Рассмотрим две молекулы воды, у этих тел суммарный электрический заряд равен нулю и поэтому по закону Кулона электростатическая сила между этими молекулами должна равняться нулю. Именно поэтому закон Кулона является приближенным, но занимаясь макроскопической формулой будем использовать его наряду с законом взаимодействия двух элементарных частиц. Заряды элементарных частиц или точечные заряды обозначаются строчными буквами и для таких зарядов будем применять закон обратных квадратов. Когда заряды занимают объемы пространства, сравнимые с расстоянием между ними, в случае линейного объема, необходимо разбивать объекты на точечные тела и применять принцип суперпозиции.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.
2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023: материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.
3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова,

А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.

5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.

6. Шагеев, Д. А. Поиск решения проблемы выбора формы свёртки локальных векторов с целью повышения точности измерений в методе анализа иерархий / Д. А. Шагеев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOH.

7. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

8. Акименко, А. В. Алгоритм расчета теплопритоков холодильника / А. В. Акименко, Е. А. Аникеев, Р. Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.

2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials

of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.

3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

6. Shageev, D. A. Search for a solution to the problem of choosing the form of convolution of local vectors in order to increase the accuracy of measurements in the hierarchy analysis method / D. A. Shageev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOX.

7. Computer simulation of the operability of finishing procedures and parasitic elements in the software and hardware complex of microcircuit design / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – PP. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

8. Akimenko, A.V. Algorithm for calculating refrigerator heat flows / A.V. Akimenko, E. A. Anikeev, R. Y. Medvedev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

.

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ И ЭНТАЛЬПИЯ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, Д.М. Охрименко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются основные положения первого начала термодинамики, которое устанавливает закон сохранения энергии в термодинамических системах. Обсуждается, как это начало связывает работу, тепло и внутреннюю энергию, а также его значение для понимания процессов, происходящих в различных физических системах. Особое внимание уделяется понятию энтальпии как важной термодинамической функции, которая позволяет анализировать процессы при постоянном давлении. Статья акцентирует внимание на практическом применении первого начала термодинамики и энтальпии в химических реакциях, теплообменных процессах и инженерных расчетах.

Ключевые слова: энтальпия, первое начало термодинамики, внутренняя энергия, эндотермические реакции, экзотермические реакции.

THE FIRST LAW OF THERMODYNAMICS AND ENTHALPY

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, D.M. Ohrimenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article considers the basic principles of the first law of thermodynamics, which establishes the law of conservation of energy in thermodynamic systems. It discusses how this law relates work, heat and internal energy, as well as its importance for understanding the processes occurring in various physical systems. Particular attention is paid to the concept of enthalpy as an important thermodynamic function, which allows analyzing processes at constant pressure. The article focuses on the practical application of the first law of thermodynamics and enthalpy in chemical reactions, heat exchange processes and engineering calculations. It also considers modern approaches to the study of thermodynamic properties of substances and their application in the development of new technologies, such as alternative energy sources and heat management systems. The importance of a deep understanding of the first law of thermodynamics and enthalpy for the further development of the theory of thermodynamics and its practical application in science and technology is emphasized.

Key words: enthalpy, first law of thermodynamics, internal energy, endothermic reactions, exothermic reactions.

Рассмотрим закон сохранения энергии – одно из фундаментальных законов природы. Он гласит, что суммарная энергия системы остается постоянной, и она переходит из одних форм в другие. Например, теплота может переходить в различные виды энергии и наоборот.

В термодинамике нельзя не сказать о таком понятии, как система. Система – некоторая совокупность тел, заключенных в объем. Системами могут быть разные вещи (колба, реактор, организм человека, планета, отдельная молекула или отдельный атом), это именно то место, где протекает термодинамическая реакция.

Вся энергия, заключенная в некоторой системе, системе тел или в одном теле называется внутренней энергией. Это понятие относится только к системе без относительно того что с системой происходит вокруг.

$$E_{\text{внутренняя}} = U,$$

где $E_{\text{внутренняя}}$ – внутренняя энергия системы;

U – внутренняя энергия.

Зачастую бессмысленно говорить о самом назначении внутренней энергии системы (энергия взаимодействия тел, взаимодействие отдельных молекул друг с другом, взаимодействие атомов в каждой молекуле и т. д), гораздо более удобно говорить об изменении внутренней энергии, так проще описывать протекающие процессы. Была начальная внутренняя энергия, затем прошел какой-то процесс, внутренняя энергия в результате этого процесса изменилась и стала конечной:

$$\Delta U = U_{\text{к}} - U_{\text{н}},$$

где ΔU – изменение внутренней энергии;

$U_{\text{к}}$ – конечное изменение внутренней энергии;

$U_{\text{н}}$ – начальное изменение внутренней энергии.

Первое начало термодинамики – распространение закона сохранения энергии на все ее виды. Изначально формулировался как невозможность создания вечного двигателя первого рода. В химических процессах важно учитывать теплоту, а также работу:

$$\Delta U = Q - A,$$

где ΔU – внутренняя энергия;

Q – теплота, которую поглотила система из окружающего мира;

A – работа, которую совершила система. Система совершила положительную работу, а окружающий мир, наоборот совершил отрицательную работу.

В свою очередь, химические реакции делятся на два типа: экзотермические и эндотермические реакции.

Экзотермические реакции являются реакциями, при которых выделяется тепло. Получается, что наша система из отдельных реагентов, она теряет тепло, отдавая ее окружающей среде, тогда Q берется со знаком минус:

$$A + B = C + D + (Q),$$

где A – внутренняя энергия системы;

B – работа, совершаемая системой или над системой;

C – внутренняя энергия после процесса;

D – работа, совершаемая над системой в процессе;

Q – тепло, передаваемое в систему или из нее, в термодинамике может быть положительным, если тепло поступает в систему, и отрицательным, если тепло уходит из системы.

Эндотермические реакции – реакции, в которых тепло поглощается:

$$A + B = C + D - (Q),$$

A – внутренняя энергия системы до изменения состояния;

B – работа, совершаемая над системой, например, механическая работа, которая выполняется системой при расширении;

C – внутренняя энергия системы после изменения состояния;

D – работа, выполненная системой в результате изменения состояния;

Q – представляет тепло, передаваемое из системы. В этом контексте знак минус указывает на то, что система теряет тепло. Если положительно, это значит, что система теряет тепло, а если отрицательно, то система получает тепло.

В экзотермических реакциях система теряет тепло, а значит, теряет часть энергии, поэтому ставим знак минус. В эндотермических наоборот, система поглощает тепло из окружающей среды, значит, ставим знак плюс.

Работа – действие против внешних сил. Большая часть химических реакций протекает при атмосферном давлении. Исходя из этого, химические реакции делятся на два типа:

1) Расширение – система выделяет газ, который вынужден занимать тот объем, который он занимает при атмосферном давлении. Система вынуждена освободить себе место в окружающем мире, тратя при этом энергию:

$$A + B = C + D_{\text{газ}},$$

где A – внутренняя энергия газа до изменения состояния (например, до термодинамического процесса). Внутренняя энергия зависит от температуры, объема и количества вещества газа;

B – работа, совершенная газом или над газом. Например, если газ расширяется, он выполняет работу над окружающей средой. Если газ сжимается, работа совершается над газом;

C – внутренняя энергия газа после изменения состояния. Она зависит от новых условий, таких как температура и объем после процесса;

$D_{\text{газ}}$ – работа, выполненная газом в результате изменения состояния. Например, если газ расширяется, он выполняет работу.

2) Сжатие – окружающий мир сжимает систему, а значит, A совершает отрицательную работу, увеличивается энергия.

$$A + B_{\text{газ}} = C + D,$$

где A – внутренняя энергия газа до изменения состояния (например, до термодинамического процесса). Внутренняя энергия зависит от температуры, объема и количества вещества газа;

$B_{\text{газ}}$ – работа, совершаемая газом или над газом. Это может быть работа, которую система выполняет при расширении (например, против внешнего давления) или работа, которую мы прикладываем к газу при его сжатии;

C – внутренняя энергия газа после изменения состояния. Она зависит от новых условий, например, от температуры и объема газа после процесса;

D – работа, выполненная газом в результате изменения состояния. Например, если газ расширяется, он выполняет работу против внешнего давления, и эта работа будет равна D .

Энтальпия – это энергия, которая доступна для преобразования в теплоту при постоянном давлении. Энтальпия напрямую связана с изменением давления. Химические реакции, проводимые в открытых системах, сообщены с атмосферой, и давление постоянное, то есть атмосферное:

$$H = U + A,$$

где H – энтальпия системы, представляет собой термодинамическую функцию состояния, которая учитывает, как внутреннюю энергию системы, так и работу, связанную с изменением объема при постоянном давлении. Энтальпия используется для описания тепловых процессов, особенно в химических реакциях и фазовых переходах;

U – внутренняя энергия системы, отражает суммарную кинетическую и потенциальную энергию молекул в системе. Внутренняя энергия зависит от состояния системы, включая температуру, объем и количество вещества;

A – работа, связанная с изменением объема системы.

В контексте термодинамики работа может быть связана с изменением объема системы при постоянном давлении:

$$\Delta H = \Delta Q + V\Delta p \text{ если } p = \text{const то } \Delta p = 0,$$

где ΔH – изменение энтальпии системы;

ΔQ – количество тепла, переданного в систему;

V – объем системы;

Δp – изменение давления в системе, это разница между начальным и конечным давлением.

Поскольку энтальпия зависит от давления и температуры, то для энтальпии образования принимают значения энтальпий образования при стандартных условиях:

$$H = H(p, T)$$

Стандартная энтальпия простых веществ равна нулю при условиях стандартного состояния этих веществ. Например, если водород газообразный, он же при нормальных условиях существует в виде газа, значит, его энтальпия равняется нулю, а вот энтальпия жидкого водорода уже не равна нулю.

Стандартная энтальпия образования веществ есть энтальпия их соединения из простых веществ. Для примера приведем закон Гесса: тепловой эффект химической реакции определяется разностью энергетических состояний продуктов и реагентов и не зависит от пути реакции.

Первый закон термодинамики – фундамент для понимания законов сохранения энергии в термодинамических системах. Это начало не только связывает такие понятия, как работа, тепло и внутренняя энергия, но и служит основой для анализа многих процессов, происходящих в различных областях физики и техники. В статье подчеркивается значимость энтальпии как ключевой термодинамической функции, которая помогает исследовать реакции и процессы, происходящие при постоянном давлении.

Таким образом, глубокое понимание первого начала термодинамики и концепции энтальпии является необходимым условием для дальнейшего развития теории термодинамики и ее применения в науке и инженерии. Эти знания имеют не только теоретическую ценность, но и практическое значение, способствуя развитию инноваций в различных технических сферах.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.
2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.
3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.
4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytreet" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.
5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.
6. Бантюков, С. М. Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности / С. М. Бантюков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.
2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.
3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.
4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.
5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.
6. Bantyukov, S. M. Creation of an intelligent quality management system of the Etalon enterprise in the aviation industry / S. M. Bantyukov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ФОРМА ЗАПИСИ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ ВАКУУМА

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, Е.В. Смирнова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются основные принципы описания электрических полей с акцентом на дифференциальную форму уравнения Гаусса. Установлено, что в вакууме взаимодействие электрического поля с зарядом можно адекватно описать с помощью плотности заряда, изменяющейся в пространстве. Статья охватывает важные аспекты, связанные с понятием Гауссовой поверхности и интегральным выражением закона Гаусса, что позволяет более глубоко понимать распределение электрических полей в неоднородных средах. Статья подчеркивает значимость глубокого понимания дифференциальной формы уравнений электростатики для дальнейшего развития теории электрических полей и их применения в различных научных и практических контекстах, а также для облегчения интерпретации процессов, связанных с электрическими взаимодействиями.

Ключевые слова: теорема Гаусса, ротор напряженности электронного поля, дифференциальная форма записи уравнения Гаусса, замкнутая поверхность, электрические поля.

DIFFERENTIAL FORM OF RECORDING ELECTROSTATICS OF VACUUM

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, E.V. Smirnova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the basic principles of describing electric fields with an emphasis on the differential form of the Gauss equation. It is established that in a vacuum the interaction of an electric field with a charge can be adequately described using a charge density that varies in space. The article covers important aspects related to the concept of a Gauss surface and the integral expression of the Gauss law, which allows for a deeper understanding of the distribution of electric fields in inhomogeneous media. The article emphasizes the importance of a deep understanding of the differential form of the equations of electrostatics for the further development of the theory of

electric fields and their application in various scientific and practical contexts, as well as for facilitating the interpretation of processes associated with electrical interactions.

Keywords: Gauss theorem, curl of the electron field strength, differential form of the Gauss equation, closed surface, electric fields.

Рассмотрим дифференциальную форму записи уравнения Гаусса:

$$\oint_{\Gamma_2} (E, dS) = 4\pi Q_{\Sigma} * \left\{ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right\}$$

где $\oint_{\Gamma_2} (E, dS)$ – это интеграл потока электрического поля E через замкнутую поверхность (Γ_2) ;

E – вектор электрического поля, который описывает силу, действующую на единичный положительный заряд в данной точке пространства;

dS – элемент площади на поверхности (Γ_2) , через который проходит электрическое поле;

$4\pi Q_{\Sigma}$ – это выражение, которое связано с зарядом Q заключенным внутри поверхности. Здесь Q может представлять собой общий заряд, который находится внутри рассматриваемой поверхности;

$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ – это константа, которая появляется в уравнении, связанная с электрической постоянной ϵ_0 .

Она определяет, как электрическое поле взаимодействует с зарядом в вакууме.

За основу, в качестве примера, возьмем некоторое пространство, непрерывно заполненное плотностью заряда, которая меняется от точки к точке. В этом пространстве рассмотрим Гауссову замкнутую поверхность (рисунок 1) в виде небольшого прямоугольника, стороны которого ориентированы параллельно осям координат. Объем этой поверхности будет равен нулю.

Этот прямоугольник является замкнутой поверхностью и для нее можно записать теорему Гаусса: поток вектора напряженности электрического поля через ее поверхность равен 4π на суммарный заряд внутри этой коробочки. Суммарный заряд равен произведению плотности заряда внутри этой коробочки. Коробочка такая маленькая, что внутри нее плотность заряда – всегда константа на объем коробочки.

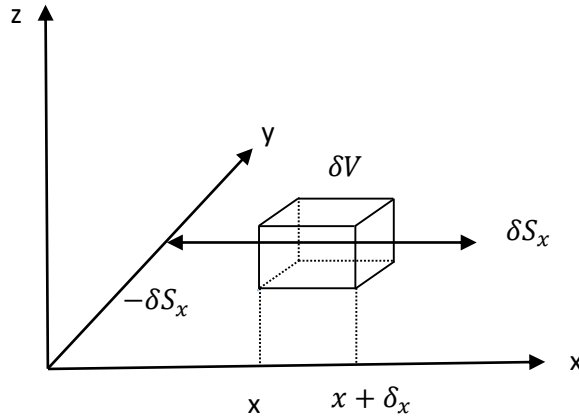


Рисунок 1 – Гауссова замкнутая поверхность

$$4\pi\rho(r)*\delta V = \oint_{\Gamma 2} (E, dS) = (E_x(r_x + \delta r_x) - E_x(r_x))\delta r_y \delta r_z \dots = \sum_{\xi 0xyz} (E_\xi(r_\xi + \delta r_\xi) - E_\xi(r_\xi))\delta r_\xi \delta r_{\xi+2}$$

где $4\pi\rho(r)*\delta V$ – это выражение, которое связывает плотность заряда $\rho(r)$ в данной точке пространства с объемом δV .

Здесь:

$\rho(r)$ – объемная плотность заряда в точке r ;

δV – малый объем, в котором мы рассматриваем распределение заряда;

4π – коэффициент, который часто появляется в контексте сферической симметрии и интеграции по поверхности;

$\oint_{\Gamma 2} (E, dS)$ – интеграл потока электрического поля E через замкнутую поверхность ($\Gamma 2$). Он показывает, как электрическое поле взаимодействует с зарядом внутри этой поверхности;

$(E_x(r_x + \delta r_x) - E_x(r_x))$ – изменение в компоненте электрического поля при перемещении r_x на малое расстояние δr_x ;

$\sum_{\xi 0xyz} (E_\xi(r_\xi + \delta r_\xi) - E_\xi(r_\xi))\delta r_\xi \delta r_{\xi+2}$ – сумма изменений электрического поля по

всем компонентам (x, y, z), что позволяет учитывать вклад каждой компоненты в общий поток.

Оформим поток вектора E через поверхность этого прямоугольника. Рассмотрим сторону прямоугольника, ориентированного перпендикулярно оси X , расположенную в точке $r_x + \Delta$ (Δ – незначительное расстояние). В этом месте вектор площади смотрит из Гауссова прямоугольника, то есть смотрит вдоль оси X , соответственно скалярное произведение напряженности поля на этот вектор

площади даст произведение X компоненты напряженности поля в $r_x + \Delta$ на площадь соответствующей крышки $dr_y * dr_z$. Аналогичный поток будет проходить через противоположную крышку прямоугольника, ориентированную к точке r_x , здесь вектор площади будет смотреть против оси X . Следовательно, скалярное произведение даст минус X компоненту напряженности поля на соответствующую площадь. Аналогичные пары слагаемых возникнут для двух крышек прямоугольников, расположенных перпендикулярно оси Y , и для двух крышек прямоугольников, расположенных перпендикулярно оси Z . А теперь обе части поделим на объем Гауссова прямоугольника. dr_x, dr_y, dr_z . Рассмотрим первые два слагаемых, содержащих X компоненту напряженности электрического поля. Отрезки dr_y, dr_z , входящие в выражение d – площади крышки коробки, сократятся соответствующими отрезками, входящими в выражение для объема. Но один из отрезков – это длина прямоугольника вдоль оси X , не сократится. В числителе будет разность напряженности электрического поля, $X+\Delta$ и значения этой напряженности в точке X , вернее не всей напряженности, а только X ее компоненты. Но тогда при стремлении $dr_x \Rightarrow 0$, мы получаем производную X компоненты напряженности электрического поля по координате X при условии, что Y и Z дифференцировать не требуется. Такая производная называется частной производной:

$$4\pi\rho(r) = \sum_{\xi} \frac{E_{\xi}(r_{\xi} + \delta r_{\xi}) - E_{\xi}(r_{\xi})}{\delta E_{\xi}} \Rightarrow \sum_{\xi} \frac{\partial E_{\xi}}{\partial r_{\xi}},$$

где $4\pi\rho(r)$ – это выражение, которое связывает объемную плотность заряда $\rho(r)$ в данной точке пространства с коэффициентом 4π , появляющийся в контексте электростатики, особенно при использовании сферической симметрии;

$$\sum_{\xi} \frac{E_{\xi}(r_{\xi} + \delta r_{\xi}) - E_{\xi}(r_{\xi})}{\delta E_{\xi}} - \text{сумма изменений компонентов электрического поля}$$

по всем направлениям (x, y, z) . Здесь:

$E_{\xi}(r_{\xi} + \delta r_{\xi})$ – значение электрического поля в точке, смещенной на малое расстояние δr_{ξ} ;

$E_{\xi}(r_{\xi})$ – значение электрического поля в исходной точке;

δE_{ξ} – малое изменение электрического поля.

В результате произведение $4\pi\rho$ равно сумме производных каждой из компонент вектора напряженности электрического поля по соответствующей координате. Такую операцию называют дивергенцией вектора напряженности электрического поля. В результате получаем дифференциальную форму записи теоремы Гаусса:

$$4\pi\rho(r) = \sum_{\xi} \frac{\partial E_{\xi}}{\partial r_{\xi}} = \operatorname{div} E,$$

где $4\pi\rho$ – это выражение, связывающее объемную плотность заряда $4\pi\rho(r)$ с коэффициентом 4π ;

$$\sum_{\xi} \frac{\partial E_{\xi}}{\partial r_{\xi}} - \text{это сумма частных производных компонент электрического поля}$$

E по соответствующим координатам r_{ξ} . Каждая компонента электрического поля E_{ξ} может зависеть от пространственных координат, и эта сумма показывает, как электрическое поле изменяется в пространстве;

$\operatorname{div} E$ – оператор дивергенции, который применяется к векторному полю. Дивергенция векторного поля измеряет, насколько это поле "выходит" из точки в пространстве. Положительная дивергенция ($\operatorname{div} E > 0$) указывает на наличие источника, а отрицательная дивергенция ($\operatorname{div} E < 0$) на наличие стока;

Дивергенция вектора напряженности электростатического поля равна 4π на плотность электрического заряда в той точке, где вычисляется дивергенция. Выражение для дивергенции можно записать компактно в виде скалярного произведения оператора пространственного дифференцирования на вектор E :

$$4\pi\rho(r) = \sum_{\xi} \frac{\partial E_{\xi}}{\partial r_{\xi}} = \operatorname{div} E = (\nabla, E),$$

где $4\pi\rho(r)$ – выражение, связывающее объемную плотность заряда $\rho(r)$ с его коэффициентом 4π ;

$$\sum_{\xi} \frac{\partial E_{\xi}}{\partial r_{\xi}} - \text{сумма частных производных компонент электрического поля } E,$$

по соответствующим координатам r_{ξ} . Каждая компонента электрического поля E_{ξ} может зависеть от пространственных координат, и эта сумма показывает, как электрическое поле изменяется в пространстве и указывает на его локальные изменения;

$\operatorname{div} E = (\nabla, E)$ – это оператор дивергенции, который применяется к векторному полю E .

Кроме операции скалярного умножения оператора пространственного дифференцирования, можно записать еще операцию векторного перемножения векторного оператора дифференцирования на вектор напряженности поля. Соответствующая операция получила название "ротор напряженности векторного поля".

$$|\nabla, E| = \begin{vmatrix} e_x & e_y & e_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \sum_{\xi=0,x,y,z} \left(\frac{\partial E_{\xi+1}}{\partial r_{\xi+2}} - \frac{\partial E_{\xi+2}}{\partial r_{\xi+1}} \right) e_{\xi} = \text{rot} E$$

где ∇ – векторный оператор, который используется для обозначения градиента, дивергенции и роторного оператора. Он включает в себя частные производные по координатам x, y, z ;

E – векторное поле имеет компоненты E_x, E_y, E_z , которые представляют собой значения электрического поля в трехмерном пространстве;

$\text{rot} E$ – вектор, который описывает локальную вращательную составляющую векторного поля. Он показывает, насколько поле E "крутится" вокруг точки в пространстве;

$$\sum_{\xi=0,x,y,z} \left(\frac{\partial E_{\xi+1}}{\partial r_{\xi+2}} - \frac{\partial E_{\xi+2}}{\partial r_{\xi+1}} \right) e_{\xi} - \text{описывает компоненты ротора, где } e_{\xi} - \text{это базисные}$$

векторы в пространстве. Каждая пара частных производных в этой сумме отражает разность изменений компонент поля E в различных направлениях, что и приводит к определению вращения.

Рассмотрим такое свойство ротора напряженности векторного поля, что он всегда равен нулю. Это свойство связано с интегральной теоремой о том, что циркуляция вектора напряженности электрического поля по любому замкнутому контуру равна нулю:

$$\int_{\Gamma_1} (E, dl) = 0$$

где E – это векторное поле, например, электрическое поле. Оно может иметь компоненты в различных направлениях E_x, E_y, E_z ;

dl – это элемент длины вдоль контура (Γ_1);

(E, dl) – обозначает скалярное произведение вектора E и вектора dl . Это выражение вычисляет проекцию вектора E на направление dl и суммирует эту проекцию по всему контуру.

В работе акцентируется внимание на важности понимания дифференциальной формы уравнений электростатики, которая позволяет более глубоко анализировать поведение электрических полей и взаимодействий в различных средах. Используя теорему Гаусса, показано, как плотность заряда влияет на напряженность электрического поля, что делает эту концепцию ключевой для дальнейшего изучения электростатики и связанных с ней вопросов. Исследование, проведенное в рамках данной статьи, подчеркивает значимость математического формализма в физике для анализа и предсказания явлений, связанных с электромагнитными полями.

В заключение, понимание этих основополагающих законов и их математических представлений служит необходимой основой для более сложных концепций в электротехнике и физике в целом. Это позволяет исследовать не только статические, но и динамические системы, создавая прочный фундамент для будущих научных открытий и практических приложений в различных областях.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // Способы, модели и алгоритмы управления модернизационными процессами : сборник

статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.

5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.

2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.

3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // Methods, models and algorithms for managing modernization processes: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, С.О. Бучнев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Второе начало термодинамики является одним из основных принципов физики, описывающим направление процессов, происходящих в термодинамических системах. Оно утверждает, что в замкнутых системах энтропия, как мера беспорядка, всегда стремится увеличиваться, что приводит к необратимости многих процессов. В статье рассматриваются ключевые концепции, связанные со вторым началом, включая понятия тепловых машин, циклов Карно и принципа максимальной энтропии. Статья подчеркивает важность второго начала термодинамики для понимания природы энергии и ее преобразований, а также его роль в развитии научной мысли.

Ключевые слова: цикл Карно, изотермический процесс, круговой процесс, обратимый процесс, необратимый процесс, тепловая машина.

MATHEMATICAL MODELING AND THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, S.O. Buchnev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The second law of thermodynamics is one of the basic principles of physics that describes the direction of processes occurring in thermodynamic systems. It states that in closed systems, entropy, as a measure of disorder, always tends to increase, which leads to the irreversibility of many processes. This article examines key concepts associated with the second law, including the notions of heat engines, Carnot cycles, and the principle of maximum entropy. The article emphasizes the importance of the second law of thermodynamics for understanding the nature of energy and its transformations, as well as its role in the development of scientific thought.

Keywords: Carnot cycle, isothermal process, circular process, reversible process, irreversible process, heat engine.

Круговой процесс – процесс, при котором система, пройдя ряд состояний, возвращается в начальное состояние. В p - v координатах круговой процесс изображается в виде замкнутых кривых произвольной формы, имеется два вида цикла (рисунок 1):

1) если обход процесса по часовой стрелке – цикл прямой и в нем совершается положительная работа. Прямые циклы лежат в основе тепловых двигателей.

2) если в p - v координатах обход цикла совершается против часовой стрелки, он называется обратным, работа, совершаемая в нем, меньше нуля и такие циклы лежат в основе холодильных машин.



Рисунок 1 – Виды циклов

Для того чтобы рассчитать работу за такой полный цикл, рассмотрим формулу:

$$A = \oint_L p dV = \oint_{L_1} p dV + \oint_{L_2} p dV$$

где A – работа, совершаемая системой при переходе по замкнутому контуру L ;

p – давление в системе;

dV – элемент объема, который меняет система;

$\oint_L p dV$ – интеграл, который вычисляет работу, совершаемую системой при

изменении объема по замкнутому контуру (L). Это означает, что система возвращается в исходное состояние после завершения цикла.

$\oint_{L_1} p dV + \oint_{L_2} p dV$ – разложение интеграла по двум частям контура (L),

где (L_1) и (L_2) представляют собой разные пути, по которым система может пройти, прежде чем вернуться в исходное состояние.

Все циклы, которые мы рассмотрели до этого, лежат в основе тепловых машин. Тепловая машина – периодически действующее устройство, совершающее работу за счет подводимого извне тепла. Любая тепловая машина состоит из трех элементов (рисунок 2):

- 1) нагреватель – тело, от которого отбираем небольшое количество тепла, его температура при этом остается какой-то постоянной;
- 2) рабочее тело – газ, температура которого меньше температуры нагревателя, но больше температуры холодильника;
- 3) холодильник.

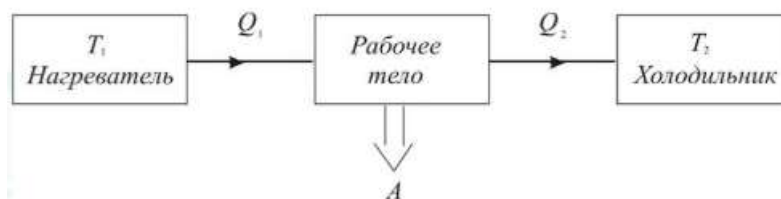


Рисунок 2 – Схема тепловой машины

Принцип работы тепловой машины заключается в следующем: нагреватель передает некоторое количество тепла рабочему телу, рабочее тело совершает работу $A = Q_1 - Q_2 > 0$ и какие-то остатки уходят в окружающую среду. Тогда можно определить коэффициент действия тепловой машины:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} * 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} * 100\%$$

где η – эффективность теплового двигателя, выраженного в процентах;

A – работа, выполняемая двигателем; в термодинамике работа часто определяется как разность тепла, полученного от горячего источника, и тепла, отданного холодному источнику;

Q_1 – количество тепла, полученное от горячего источника;

Q_2 – количество тепла, отданного холодному источнику.

Эта форма также показывает, что эффективность двигателя зависит от разности между количеством теплоты, полученной от горячего источника, и количеством теплоты, отданной холодному источнику, относительно количества теплоты, полученной от горячего источника.

Рассмотрим первое начало термодинамики, одной из ее формулировок является утверждение в том, что невозможно создать вечный двигатель первого рода. Коэффициент полезного действия такого двигателя был бы больше 100%. Но теория не оправдала ожидания. Появились другие идеи, как создать тепловую

машину без холодильника, которая состояла бы из двух тел, и коэффициент полезного действия которой достиг бы 100%.

Возможность построения такой машины не противоречит закону сохранения энергии. Но опытные факты говорят о невозможности ее построения.

Перейдем ко второму началу термодинамики, которое сформулировал Вильгельм Томсон – невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы производство работы за счет охлаждения теплового резервуара.

Чтобы рассмотреть понятие энтропии, необходимо дать определение понятию обратимый процесс: обратимым процессом называется такой, который может протекать в обоих направлениях, причем если процесс протек в одном направлении, а затем в обратном, то система должна вернуться в исходное состояние без того, чтобы в окружающих телах произошли какие-либо изменения.

Обратимый процесс – идеализация процесса. В природе обратимых процессов не бывает. В качестве примера, можно привести колебание маятника, если считать процесс колебания обратимым, то отвели его на какой-то угол, отпустили и он продолжает в таком состоянии находиться длительное время. Естественно, в природе все процессы необратимы.

Необратимый процесс – процесс, который движется как в прямом направлении, так и в обратном. Однако, в прямом направлении, он идет самопроизвольно, а для того, чтобы вернуть систему в начальное состояние, необходимо совершить какую-либо работу. В качестве примера необратимого процесса можно считать процесс перехода тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу.

Рассмотрим цикл Карно – цикл, лежащий в основе идеальной тепловой машины (рисунок 3). Построить такую тепловую машину невозможно. В основе тепловой машины Карно лежит замкнутый круговой процесс и этот круговой процесс состоит из двух изопроцессов: изотермических и двух адиабатических.

Рассмотрим работу при изотермическом расширении. К цилиндру подносится нагреватель, поршень поднимается вверх. Работа при изотермическом процессе рассчитывается по следующей формуле:

$$A_{12} = \nu RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

A_{12} – работа, совершаемая газом при переходе из состояния 1 в состояние 2;

ν – количество молей газа;

R – универсальная газовая постоянная;

T_1 – температура газа в состоянии 1;

V_1 – начальный объем газа;

V_2 – конечный объем газа.

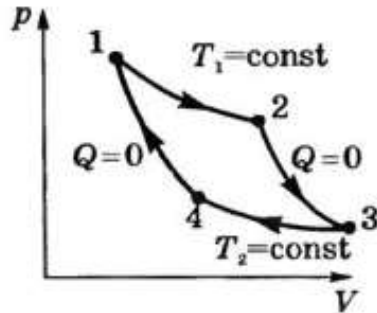


Рисунок 3 – Цикл Карно.

Процесс 1-2 – изотермическое расширение при температуре T_1 ;

Процесс 2-3 – адиабатное расширение с понижением температуры до T_2 ;

Процесс 3-4 – изотермическое сжатие при температуре T_2 ;

Процесс 4-1 – адиабатное сжатие с повышением температуры до T_1 .

Если $V_1 > V_2$ (газ расширяется), работа A_{12} будет положительной, так как газ совершает работу над окружающей средой;

Если $V_1 < V_2$ (газ расширяется), работа A_{12} будет отрицательной, так как окружающая среда совершает работу над газом.

Дальше рассмотрим работу при адиабатическом расширении. Мы помещаем цилиндр в адиабатическую оболочку и в дальнейшем происходит адиабатическое расширение. Поршень поднимается выше, чем в изотермическом, но обмен с внешней средой равно нулю. Работа совершается за счет того, что внутренняя энергия газа падает. Поэтому работу мы можем рассчитать по такой формуле:

$$A_{23} = -\Delta U = -\nu C_V (T_2 - T_1)$$

где A_{23} – это работа, совершаемая в процессе 2-3. Она равна изменению внутренней энергии системы;

$-\Delta U$ – изменение внутренней энергии системы. Знак минус указывает на то, что работа, совершаемая системой, приводит к уменьшению внутренней энергии;

ν – количество вещества в системе;

C_v – удельная теплоемкость при постоянном объеме. Она показывает, сколько тепла необходимо для изменения температуры одного моля вещества на один градус Кельвина при постоянном объеме;

$(T_2 - T_1)$ – изменение температуры системы, где T_2 – конечная температура системы, T_1 – начальная температура.

Если температура газа увеличивается $T_1 > T_2$, то изменение внутренней энергии ΔU будет положительным и работа A_{23} будет отрицательной, что указывает на то, что газ выполняет работу над окружающей средой.

Если температура газа уменьшается $T_2 < T_1$ то изменение внутренней энергии будет отрицательным, и работа будет положительной, что означает, что окружающая среда выполняет работу над газом.

Также необходимо рассмотреть работу при изотермическом сжатии:

$$A_{34} = \nu RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3}$$

где A_{34} – работа, выполненная в процессе перехода из состояния 3 в состояние 4;

ν – молярный объем или количество вещества в молях;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314. Она связывает давление, объем и температуру газа;

T_2 – температура в состоянии 2, измеряемая в кельвинах;

V_4 и V_3 – объемы газов в состоянии 4 и 3. Эти объемы могут изменяться в процессе, их отношение используется в логарифмической функции;

Если $V_4 > V_3$, работа A_{34} будет положительной, так как газ совершает работу над окружающей средой;

Если $V_4 < V_3$, работа A_{34} будет отрицательной, что указывает на то, что окружающая среда выполняет работу над газом.

И соответственно адиабатическое сжатие:

$$A_{41} = -\Delta U = -\nu C_v (T_1 - T_2)$$

где A_{41} – работа, совершаемая системой в процессе 41;

$-\Delta U$ – изменение внутренней энергии системы;

ν – количество вещества в системе;

C_v – удельная теплоемкость при постоянном объеме;

T_1 и T_2 – начальная и конечная температура системы.

Если температура газа уменьшается ($T_1 < T_2$), то изменение внутренней энергии ΔU будет отрицательным, и работа A_{41} будет положительной, что указывает на то, что окружающая среда выполняет работу над газом.

Если температура газа увеличивается ($T_1 > T_2$), то изменение внутренней энергии будет положительным, и работа будет отрицательной, что означает, что газ выполняет работу над окружающей средой.

Теперь вычислим КПД в тепловой машине Карно:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{\nu R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}}{\nu R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

где η – эффективность цикла;

A – работа, выполненная в процессе;

Q_1 – количество теплоты, полученное от источника тепла;

ν – количество вещества;

R – универсальная газовая постоянная;

T_1 и T_2 – начальная и конечная температура системы;

V_1 и V_2 – начальная и конечная температура системы.

Эта формула демонстрирует, что КПД идеального теплового двигателя зависит от температур, между которыми он работает. При $T_2 = 0$ (абсолютный ноль) КПД достигает максимума, равного 1, что соответствует идеальному процессу без потерь. В реальных условиях КПД всегда будет меньше, чем 1, из-за различных факторов, таких как трение, теплообмен и другие потери.

Таким образом, при упрощении формулы получаем:

$$\eta_{\text{карно}} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} * 100\%$$

где $\eta_{\text{карно}}$ – эффективность цикла;

T_1 и T_2 – начальная и конечная температура системы.

КПД идеального двигателя Карно всегда будет меньше 100% из-за второго закона термодинамики, который утверждает, что невозможно полностью преобразовать теплоту в работу без каких-либо потерь.

Таким образом, второе начало термодинамики является важным принципом, который подчеркивает направление процессов в природе и невозможность создания вечного двигателя. Рассмотренные круговые процессы в координатах

p-v демонстрируют, как системы могут возвращаться в исходное состояние, проходя при этом различные термодинамические циклы.

Цикл, который описывает работу тепловых машин, образует основу для понимания того, как используется энергия. Тепловые машины, опирающиеся на взаимодействие нагревателя, рабочего тела и холодильника, демонстрируют, как превращение теплоты в работу имеет свои ограничения. При этом коэффициент полезного действия становится важным показателем эффективности таких систем. Невозможность создания вечного двигателя первого рода подтверждает, что все процессы не могут быть совершенны на практике, что основано на реальных экспериментах и принципах термодинамики.

Таким образом, понятия работы, энергии и их трансформации через призму термодинамики дают возможность не только глубже понять физические явления, но и использовать эти знания для создания более эффективного оборудования в энергетике и других отраслях. Поэтому, несмотря на теоретические упования на создание более совершенных машин, реальная практика показывает многие ограничения, связанные с термодинамическими законами, что настоятельно призывает к более тщательному исследованию и поиску путей оптимизации использования энергии.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.
5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.
6. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.
7. Дмитриев, Е. А. Математическое моделирование и реализация информационно-расчетных задач «маскировка» / Е. А. Дмитриев, А. Ф. Тараканов, Е. А. Шипилова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.
8. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
9. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.
2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh:

Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.

3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

6. Simulation modeling of deformative indicators of departmental highways reinforced with slag silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.

7. Dmitriev, E. A. Mathematical modeling and implementation of information and computational tasks "masking" / E. A. Dmitriev, A. F. Tarakanov, E. A. Shipilova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.

8. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the bandpass filter design based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

9. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

ПОГЛОЩЕНИЕ В АЛГЕБРЕ ЛОГИКИ

С.В. Смorchков¹, Г.Д. Миронов¹, А.Н. Заика¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе было проведено введение в алгебру логики, и более подробный разбор в ней закона поглощения и его правил. Была изучена соответствующая литература по алгебре логики. Статья была написана по соответствующей теме информацией, с учетом разбора и объяснения закона поглощения.

Ключевые слова: Закон поглощения, Алгебра Логики, Логические операции

ABSORPTION IN THE ALGEBRA OF LOGIC

S.V. Smorchkov¹, G.D. Mironov¹, A.N. Zaika¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, an introduction to the algebra of logic was carried out, and a more detailed analysis of the law of absorption and its rules was carried out in it. The relevant literature on the algebra of logic has been studied. The article was written with information on the relevant topic, taking into account the analysis and explanation of the law of absorption.

Keywords: Law of absorption, Algebra of Logic, Logical operations

Введение

Алгебра логики – это раздел математики, который изучает логические операции, применяемые к высказываниям. В этой области математики, существуют свои законы и правила.

Основные операциями являются:

- Логическое отрицание (инверсия) – $\bar{A}$
- Логическое сложение (дизъюнкция) – $A \vee B$
- Логическое умножение (конъюнкция) – $A \wedge B$
- Эквивалентность (логическая равнозначность) – $A \leftrightarrow B$

- Импликация (логическое следование) – $A \rightarrow B$

Так же как в обычной математике, в алгебре логики есть свои законы:

- Закон двойного отрицания
- Закон исключения третьего
- Операции с константами
- Повторения
- Поглощения
- Распределительный закон (дистрибутивный).
- Сочетательный
- Законы де Моргана

В данной статье мы подробнее ознакомимся, хоть и с довольно простым, но при этом одним из важнейших законов алгебры логики – «Закон Поглощения». А также рассмотрим, как он устроен и как используется в данной науке.

Поглощение в алгебре логики

Поглощение – это одно из главных свойств в алгебре логики, которое позволяет упрощать логические выражения, тем самым избавляться от избыточных их частей. Что сильно помогает для теоретических и практических применений.

Поглощение выражается двумя правилами:

$$1) A \wedge A \vee B = A$$

$$2) A \vee A \wedge B = A$$

Смысл этих правил заключается в том, что в любом логическом выражении, где встречается операция с участием одного и того же операнда (переменной) с другим, выражение может быть упрощено. Или простыми словами, то правило означает, что если одно из выражений истинно, то умножение или добавление на него другого не будет иметь результата.

Правила поглощения

Давайте более детально рассмотрим правила поглощения на этих примерах:

Поглощение для конъюнкции: $A \wedge (A \vee B) = A$

В таком случае, если A истинно – всё выражение становится истинным, независимо от значения B . Так же если A ложно – выражение тоже ложно, не смотря на наличие в нём B .

Поглощение для дизъюнкции: $A \vee (A \wedge B) = A$

Здесь по аналогии, если A истинно, то выражение будет истинным, не смотря на значение B . Но если A уже будет ложно, результат так же будет зависеть от значения B , однако выражение всё равно упрощаем до значения A .

Отсюда следует, что несмотря на наличие B в данных примерах при двух A , независимо от умножения или добавления – мы всё равно получаем значение A .

Применение поглощения на примере

Теперь на практике рассмотрим задачу упрощения логического выражения:

$$A \vee (A \wedge (B \vee C))$$

Для начала применим правило поглощения для внутреннего выражения внутри скобок:

$$A \wedge (B \vee C).$$

При дальнейшем решении мы получаем выражение с двумя « A », после чего упрощаем всё выражение до этой переменной:

$$(A \wedge B) \vee (A \wedge C) = A$$

Теперь выражение выглядит так:

$$A \vee A = A$$

Таким образом, результатом является просто A , что подтверждает правила выше и значительно упрощает исходное выражение.

Поглощение на примере диаграммы Венна

Закон поглощения можно проиллюстрировать с помощью диаграммы Венна. Например:

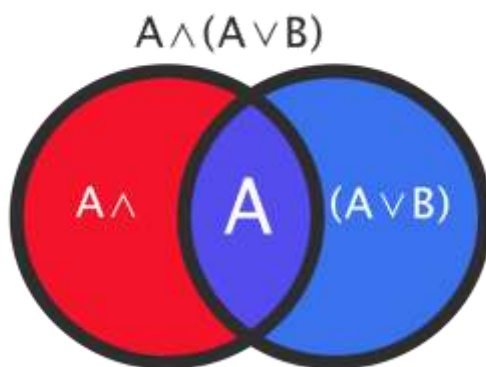


Рисунок 1 – Диаграмма Венна

Для правила $A \wedge (A \vee B) = A$ можно представить пересечение множеств. Когда A содержится внутри более сложного выражения $A \vee B$, пересечение совпадает с A .

Для правила $A \vee (A \wedge B) = A$ схожим образом показывается объединение множеств: если часть множества уже учтена в более простом виде A , её пересечение с другим множеством не меняет общий результат.

Значение поглощения:

1. Упрощение выражений. Применение правил поглощения позволяет значительно упростить сложные логические выражения, что важно для проектирования логических схем и оптимизации вычислений.

2. Алгоритмическая оптимизация. В компьютерных программах или при разработке цифровых устройств такие правила используются для минимизации количества логических операций, что может ускорить работу устройств и программ.

Практическое применение:

В схемотехнике: упрощение логических схем (например, в комбинационной логике). В программировании: оптимизация условий в программном коде (например, сокращение проверок в условных выражениях).

Заключение

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что в алгебре логики поглощение – это хоть и простое, но довольно важное свойство. Этот способ поможет вам упростить и очистить логические выражения, что немало важно при теоретических и практических применениях.

Список литературы

1. Авдонин, В. С. Алгебра логики Дж. Буля / В. С. Авдонин // МЕТОД: Московский ежегодник трудов из обществоведческих дисциплин. – 2016. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algebra-logiki-dzh-bulya>.

2. Матросов, В. Л. Математическая логика: учебник для бакалавриата / В. Л. Матросов, М. С. Мирзоев. – М.: Прометей, 2020. – 228 с.

3. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

4. Розен, В. В. Логико-алгебраические основы дискретной математики : учебное пособие / В. В. Розен, Ю. А. Бродская. – Санкт-Петербург, 2023. – 428 с.

5. Корчажкина, О. М. ВЕРБАЛЬНО-ВИЗУАЛЬНЫЙ МЕТОД ПРИ ОБУЧЕНИИ БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЕ В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ / О. М. Корчажкина // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2020. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/verbalno-vizualnyy-metod-pri-obuchenii-bulevoy-algebre-v-kurse-informatiki-dlya-starshey-shkoly>

6. Стариков, А. В. Алгоритмизация технологических режимов автоматизированной системы комбинированного орошения в теплицах с использованием электрохимически активированной воды / А. В. Стариков, А. А. Старикова, А. А. Грибанов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 83-93.

References

1. Avdonin, V. S. Algebra of logic J. Bulya / V. S. Avdonin // METHOD: Moscow Yearbook of works from social science disciplines. 2016. – № 6. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algebra-logiki-dzh-bulya>.

2. Matrosov, V. L. Mathematical logic: Textbook for undergraduate studies / V. L. Matrosov, M. S. Mirzoev. – M.: Prometheus, 2020. – 228 p.

3. Mathematical support of information and control system for storage of products with a limited shelf life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 1. – P. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

4. Rosen, V. V. Logical and algebraic foundations of discrete mathematics : Textbook / V. V. Rosen, Yu. A. Brodskaya // Saint Petersburg, 2023. – 428 p.

5. Korchazhkina, O. M. VERBAL-VISUAL METHOD IN TEACHING BOOLEAN ALGEBRA IN A COMPUTER SCIENCE COURSE FOR HIGH SCHOOL/ O. M. Korchazhkina // Bulletin of the Moscow State Pedagogical University. Series: Computer Science and Informatization of education. – 2020. – № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/verbalno-vizualnyy-metod-pri-obuchenii-bulevoy-algebre-v-kurse-informatiki-dlya-starshey-shkoly>.

6. Starikov, A. V. Algorithmization of technological modes of the automated system of combined irrigation in greenhouses using electrochemically activated water / A. V. Starikov, A. A. Starikova, A. A. Gribanov // Modeling of systems and processes. – 2022. – Т. 15, № 3. – P. 83-93.

ОПЕРАЦИЯ КОНЬЮНКЦИЯ И ЕЁ АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

А.В. Сухарский¹, Д.П. Луцко¹, А.А. Дубов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе был проведен полноценный анализ конъюнкции как концепции в рамках алгебры логики. Были досконально изучены главные теоретические аспекты этой логической операции, её практическое применение в самых различных областях, включая компьютерные науки и информационные технологии. В процессе исследования были рассмотрены основные примеры использования конъюнкции в различных ситуациях и системах

Ключевые слова: Конъюнкция, Алгебра логики, Логические операции, Алгоритмы, Цифровые системы.

OPERATION CONJUNCTION AND ITS ALGORITHMIC IMPLEMENTATION

A.V. Sukharsky¹, D.P. Lutsko¹, A.O. Dubov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, a full-fledged analysis of conjunction as a concept within the framework of the algebra of logic was carried out. The main theoretical aspects of this logical operation and its practical application in various fields, including computer science and information technology, were thoroughly studied. In the course of the research, the main examples of the use of conjunction in various situations and systems were considered

Keywords: Conjunction, Algebra of logic, Logical operations, Algorithms, Digital systems.

Введение

Конъюнкция, будучи одной из базовых операций в алгебре логики, играет ключевую роль в области создания программ, изучении компьютера, ведения расчётов компьютерным методом. Определяется она как логическая операция

«И», объединяя два или более логических утверждения, возвращая значение истинности только в том случае, если все входные утверждения истинны. Это свойство делает предмет изучения неизменным инструментом как в теоретических, так и в практических частях обучения и разработки алгоритмов, цифровых схем, ПО, и т.д.

С развитием новых технологий и возрастанием сложности информационных систем, знание сути конъюнкции становится особенно актуальным. Она является основой для многих логических условностей, обработки данных и управления состояниями, скриптами в компьютерных системах. В рамках данной статьи, мы рассмотрим конъюнкцию не только с теоретической стороны, но и её частое применение в сфере цифровой логики и программирования.

Ставя целью данной статьи разобраться со всеми возможностями использования конъюнкции в современном мире, мы попробуем пройти от теоретической основы, плавно переходя к практике.

1. Определение и основные свойства конъюнкции

Конъюнкция (логическое «И») — это операция, которая возвращает значение истина только в том случае, если оба её операнда имеют значение истина. Операция конъюнкции принимает два или более логических выражений, и результатом её выполнения является логическое значение: истинное (1) или ложное (0). В случае, когда все входные логические утверждения истинны, результат будет истинным; в противном случае — ложным.

1.1 Определение конъюнкции

Формально, конъюнкция двух логических переменных А и В можно выразить следующим образом:

- $A \wedge B = 1$, если $A = 1$ и $B = 1$;
- $A \wedge B = 0$, в любом другом случае.

Используя данную формулировку, построим таблицу истинности для операции конъюнкции:

A	B	$A \wedge B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Рисунок 1 – Таблица истинности для операции конъюнкции

Эта таблица демонстрирует, что конъюнкция возвращает 1 только в случае, если обе переменные являются истинными.

1.2 Свойства конъюнкции

Рассмотрим свойства конъюнкции как логической операции:

1. Коммутативность: Порядок операндов не влияет на результат. То есть, $A \wedge B = B \wedge A$.
2. Ассоциативность: Группировка операндов также не влияет на результат. Для трёх переменных справедливо, что $(A \wedge B) \wedge C = A \wedge (B \wedge C)$.
3. Идемпотентность: Повторное применение одной и той же переменной не изменяет результата. $A \wedge A = A$.
4. Дистрибутивность: Конъюнкция распределяется над дизъюнкцией. Например, $A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$.

1.3 Применение конъюнкции в цифровых системах

Свойства делают конъюнкцию особенно полезной в контексте проектирования цифровых систем. Например, логические схемы, основанные на комбинации логических вентелей, часто используют операции конъюнкции для выполнения сложных логических функций. Конъюнктивные вентили (AND gates) формируют основу арифметико-логических устройств (ALU), где требуется выполнение разнообразных логических операций над двоичными числами.

Кроме того, в программировании конъюнкция помогает в формулировании условий в ветвлениях и циклах. Например, в языках программирования, таких как Python или Java, условные конструкции позволяют создавать комплексные логические выражения, что вводит разнообразие в логику и управление алгоритмами.

2. Конъюнкция в контексте программирования и алгоритмов

Рассмотрим на примерах, как конъюнкция применяется в программировании, алгоритмах, а также обсудим её влияние на структуру и логику программных решений. Конъюнкция, как логическая операция, является базой для построения более сложных условий.

2.1 Логические операции в программировании

Конъюнкция в программировании, наряду с другими логическими операциям являются основными элементами для реализации алгоритмов. В большинстве языков программирования, таких как Python, C++, Java и JavaScript, конъюнкция обозначается символами `&&` или `and`. Пример использования конъюнкции в Python:

```
a = True
b = False
if a and b:
    print("Оба условия истинны")
else:
    print("Хотя бы одно условие ложно")
```

Рисунок 2 – Реализация конъюнкции в Python

В этом примере логическая конструкция проверяет, истинны ли оба условия, и, если одно из них ложно, программа переходит к блоку `else`.

2.2 Применение конъюнкции в условных выражениях

Зачастую при реальном использовании требуются более сложные логические конструкции. Конъюнкция позволяет создавать комбинированные условия, что делает код более понятным и лаконичным. Например, в сфере веб-разработки, конъюнкция может быть использована для валидации данных формы:

```
def validate_user_input(name, age):
    if name != "" and age >= 18:
        return "Пользователь принят"
    else:
        return "Ошибка: недействительные данные"
```

Рисунок 3 – Валидация данных с помощью конъюнкции

В данном случае пользователь будет принят только при выполнении обоих условий: поле имени не должно быть пустым, а возраст должен быть не менее 18 лет.

2.3 Алгоритмы и конъюнкция

Конъюнкция играет ключевую роль не только в условных выражениях, но и в более сложных алгоритмах. Например, в алгоритмах поиска и сортировки, конъюнкция может использоваться для фильтрации данных.

Рассмотрим алгоритм поиска максимального значения в массиве, где мы хотим найти элемент, удовлетворяющий нескольким критериям:

```
def find_special_numbers(arr):  
    special_numbers = []  
    for number in arr:  
        if number > 10 and number % 2 == 0:  
            # Конъюнкция для двух условий  
            special_numbers.append(number)  
    return special_numbers
```

Рисунок 3 – Фильтрация данных с помощью конъюнкции

В данном случае конъюнкция `number > 10 and number % 2 == 0` позволяет находить только четные числа, которые превышают 10.

2.4 Конъюнкция в системах управления

Конъюнкция используется в разработке Командно-управляющих систем (KMS) или систем автоматизации. Например, в таких системах может понадобиться проверка нескольких условий перед выполнением задачи. Пример кода на языке C для системы управления встраиваемыми устройствами:

```
void control_device(int sensor1, int sensor2) {  
    if (sensor1 == HIGH && sensor2 == HIGH) {  
        // Включаем устройство  
        activate_device();  
    } else {  
        // Отключаем устройство  
        deactivate_device();  
    }  
}
```

Рисунок 4 – Управление встраиваемыми устройствами

В этом коде устройство активируется только в случае, если оба сенсора находятся в состоянии “HIGH”, что иллюстрирует безопасность и надежность в рамках данной системы.

3. Конъюнкция в цифровых автоматах

Рассмотрим роль конъюнкции в проектировании и функционировании цифровых автоматов. Цифровые автоматы, такие как конечные автоматы (КА) и программируемые логические контроллеры (ПЛК), используют логические операции для обработки входных данных и управления выходами.

3.1 Основы цифровых автоматов

Цифровые автоматы представляют собой математические модели, которые описывают поведение систем с дискретными состояниями. Они могут быть использованы для реализации различных логических функций и управления процессами. Конечные автоматы, в частности, состоят из состояний, переходов и входных/выходных сигналов. Логические операции, включая конъюнкцию, применяются для определения условий перехода между состояниями.

3.2 Конъюнкция в конечных автоматах

В конечных автоматах конъюнкция используется для определения условий перехода между состояниями. Например, рассмотрим автомат, который управляет светофором. Светофор может находиться в одном из трех состояний: "Красный", "Желтый" и "Зеленый". Переходы между этими состояниями могут зависеть от многих входных сигналов, таких как наличие пешеходов и состояние транспортного потока или других.

Пример логической схемы для светофора может выглядеть следующим образом:

- Переход в состояние "Зеленый" происходит, если:
- Нет пешеходов (условие 1)
- Транспортный поток высокий (условие 2)

Эти условия могут быть представлены с помощью конъюнкции:

```
if (условие_1 AND условие_2) {  
    переход_в_состояние_Зеленый();  
}
```

Рисунок 5 – Условия для перехода

Таким образом, светофор переключится на зеленый свет только в том случае, если оба условия истинны.

3.3 Программируемые логические контроллеры

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) используются в автоматизации промышленных процессов. Они позволяют программировать сложные логические операции, включая конъюнкцию, для управления различными

устройствами. В ПЛК конъюнкция будет использоваться, например для обработки сигналов от датчиков, управления исполнительными механизмами.

Допустим, в системе управления насосом, насос может включаться только при выполнении нескольких условий:

- Датчик уровня жидкости показывает, что уровень ниже минимального (условие 1).
- Датчик давления показывает, что давление в системе низкое (условие 2).

Программный код для ПЛК может выглядеть следующим образом:

```
|---[ Уровень < Минимум ]---[ Давление < Нормы ]---( Включить насос )
```

В этом примере конъюнкция используется для проверки двух условий, и насос включается только в случае, если оба условия истинны.

3.4 Применение конъюнкции в проектировании цифровых схем

Конъюнкция также играет важную роль в проектировании цифровых схем. Логические элементы, такие как AND-элементы, реализуют операцию конъюнкции и используются для построения более сложных логических функций. Например, в проектировании арифметико-логических устройств (АЛУ) конъюнкция может использоваться для выполнения логических операций над двоичными числами. Пример логической схемы, которая использует AND-элемент:

```
A ----| AND |---- Y
B ----|      |
```

Тут выход Y будет равен 1 только в случае, если оба входа A и B равны 1, что полноценно иллюстрирует применение конъюнкции в цифровых схемах.

3.5 Безопасность информационных систем

В области безопасности информационных систем конъюнкция также используется для управления доступом, система аутентификации может требовать выполнения условий, таких как наличие действительного логина (условие 1) и правильный пароль (условие 2), перед тем как предоставить доступ к защищенным ресурсам.

Пример кода на Python для проверки аутентификации может выглядеть так:

```
if valid_username and valid_password:  
    grant_access()
```

Рисунок 6 – Аутентификация пользователя

Использование конъюнкции в этом контексте инвариантно.

Заключение

В данной статье мы рассмотрели суть конъюнкции, её определение, её широкие в различных областях. Мы начали с теоретического обзора конъюнкции, исследовав её свойства и операционные функции, после чего перешли к практическим примерам использования в системах автоматизации, встраиваемых решениях и алгоритмах.

Конъюнкция позволяет эффективно обрабатывать множественные условия, что значительно повышает надежность и эффективность решений. Примеры из практики, показанные в статье, подчеркивают, как важно применять эту логическую операцию.

С учетом быстрого развития технологий, будущее применения конъюнкции остаётся многообещающим. Ускоряющиеся процессы автоматизации, возникновение новых алгоритмов машинного обучения и такие актуальные области, как искусственный интеллект и кибербезопасность, открывают новые горизонты для исследований и внедрения конъюнктивных методов. Возможно, не в первоначальном виде, но мы уверены, что конъюнкция продолжит применяться в алгоритмах и совершенствоваться с каждым годом!

Таким образом, можно утверждать, что понимание конъюнкции и её применение в современной инженерии являются необходимыми навыками для специалистов в области компьютерных наук и технологий.

Список литературы

1. Горелик, Е. С. О сложности реализации элементарных конъюнкций и дизъюнкций в базисе $\{x | y\}$ / Е. С. Горелик // Проблемы кибернетики. Вып. 26. – М.: Наука, 1973. – С. 27–36.
2. Лупанов, О. Б. Асимптотические оценки сложности управляющих систем / О. Б. Лупанов. – М.: Изд-во МГУ, 1984.
3. Сопруненко, Е. П. О минимальной реализации некоторых функций схемами из функциональных элементов / Е. П. Сопруненко // Проблемы кибернетики. Вып. 15. – М.: Наука, 1965. – С. 117–134.

4. Костелло, Ф. Дж. Как теория вероятностей объясняет логичность конъюнкции / Ф. Дж. Костелло // *Journal of Behavioral Decision Making*. – 2009. – Т. 22. – С. 213–234.
5. Титов, М. Ю. Пути повышения эффективных способов защиты информации в беспилотных летательных аппаратах двойного назначения / М. Ю. Титов // *Моделирование систем и процессов*. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 82–92. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN: IQOQPI.
6. Новиков, С. В. Минимальная реализация функции / = хл Жо... х схемами из элементов шефферовского типа / С. В. Новиков, В. Э. Комиссаров, В. П. Супрун // *Вестник Белорус. ун-та*. – 1975. – Сер. 1, № 2. – С. 13–17.
7. Тун, Юйлин. Разработка алгоритма повышения эффективности протокола маршрутизации C-LEACH / Юйлин Тун, Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова // *Моделирование систем и процессов*. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 93–99.

References

1. Gorelik, E. S. On the complexity of realisation of elementary conjunctions and disjunctions in the basis $\{x \mid y\}$ / E. S. Gorelik // *Problems of Cybernetics*. Vyp. 26. – М.: Nauka, 1973. – С. 27-36.
2. Lupanov, O. B. Asymptotic estimates of complexity of control systems / O. B. Lupanov. – Moscow: Izd-vo MSU, 1984.
3. Soprunenko, E. P. About the minimum realisation of some functions by the schemes from functional elements (in Russian) / E. P. Soprunenko // *Problems of Cybernetics*. Vyp. 15. – М.: Nauka, 1965. – С. 117-134.
4. Costello, F. J. How probability theory explains the logicity of conjunction / F. J. Costello // *Journal of Behavioral Decision Making*. – 2009. – VOL. 22. – P. 213-234.
5. Titov, M. Yu. Ways to increase the effective ways of the information protection in the dual-purpose unmanned aerial vehicles (in Russian) / M. Yu. Titov // *Modelling of systems and processes*. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 82-92. – DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92-92. – EDN: IQOQPI.
6. Novikov, S. V. Minimal realisation of the function / = chl Zho... x by schemes from elements of the Schaeffer type / S. V. Novikov, V. E. Komissarov, V. P. Suprun // *Vestnik Belorus. un-ta*. – 1975. – Ser. 1, № 2. – С. 13-17.
7. Tong, Yuilin. Development of the algorithm for increasing the efficiency of the C-LEACH routing protocol / Yuilin Tong, T. P. Novikova, S. A. Evdokimova // *Modelling of systems and processes*. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 93-99.

ОПЕРАЦИЯ ДИЗЬЮНКЦИЯ И ЕЁ АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

С.В. Фролов¹, В.С. Шапкин¹, И.В. Коновалов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе был проведен полноценный анализ дизъюнкции как концепции в рамках алгебры логики. Были досконально изучены главные теоретические аспекты этой логической операции, её практическое применение в самых различных областях, включая компьютерные науки и информационные технологии. В процессе исследования были рассмотрены основные примеры использования дизъюнкции в различных ситуациях и системах

Ключевые слова: дизъюнкция, алгебра логики, логические операции, алгоритмы, цифровые системы.

THE DISJUNCTION OPERATION AND ITS ALGORITHMIC IMPLEMENTATION

S.V. Frolov¹, V.S. Shapkin¹, I.V. Konovalov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, a full-fledged analysis of disjunction as a concept within the framework of the algebra of logic was carried out. The main theoretical aspects of this logical operation and its practical application in various fields, including computer science and information technology, were thoroughly studied. In the course of the research, the main examples of the use of disjunction in various situations and systems were considered.

Keywords: disjunction, algebra of logic, logical operations, algorithms, digital systems.

Введение

Дизъюнкция, будучи одной из базовых операций в алгебре логики, играет ключевую роль в области создания программ, изучении компьютера, ведения расчётов компьютерным методом. Определяется она как логическая операция

«ИЛИ», объединяя два или более логических утверждения, возвращая значение истинности только в том случае, если хотя бы одно из них истинно.

Это свойство делает предмет изучения неизменным инструментом как в теоретических, так и в практических частях обучения и разработки алгоритмов, цифровых схем, ПО, и т.д.

С развитием новых технологий и возрастанием сложности информационных систем, знание сути Дизъюнкции становится особенно актуальным. Она является основой для многих логических условностей, обработки данных и управления состояниями, скриптами в компьютерных системах. В рамках данной статьи, мы рассмотрим Дизъюнкцию не только с теоретической стороны, но и её частое применение в сфере цифровой логики и программирования.

Ставя целью данной статьи разобраться со всеми возможностями использования дизъюнкции в современном мире, мы попробуем пройти от теоретической основы, плавно переходя к практике.

1. Определение и основные свойства дизъюнкции

Дизъюнкция (логическое «ИЛИ») — это операция, которая возвращает истинное значение, если хотя бы один из её операндов истинный. Формально, дизъюнкция двух логических переменных A и B определяется следующим образом:

1.1 Определение Дизъюнкции

Формально, Дизъюнкция двух логических переменных A и B можно выразить следующим образом:

$A \vee B = 1$, если $A = 1$ или $B = 1$, или оба равны 1;

$A \vee B = 0$, если $A = 0$ и $B = 0$.

Используя данную формулировку, построим таблицу истинности для операции дизъюнкции:

A	B	$A \vee B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Рисунок 1 – Таблица дизъюнкции

Эта таблица демонстрирует, что дизъюнкция возвращает 1 только в случае, если хотя бы один из входов является истинным.

1.2 Свойства Дизъюнкции

Рассмотрим свойства Дизъюнкции как логической операции:

1. Коммутативность: Порядок операндов не влияет на результат. То есть, $A \vee B = B \vee A$.
2. Ассоциативность: Группировка операндов также не влияет на результат. Для трёх переменных справедливо, что $(A \vee B) \vee C = A \vee (B \vee C)$.
3. Идемпотентность: Повторное применение одной и той же переменной не изменяет результата. $A \vee A = A$
4. Дистрибутивность: Конъюнкция распределяется над дизъюнкцией. Например, $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$.

1.3 Применение Дизъюнкции в цифровых системах

Свойства делают Дизъюнкцию особенно полезной в контексте проектирования цифровых систем. Например, логические схемы, основанные на комбинации логических вентелей, часто используют операции дизъюнкции для выполнения сложных логических функций. Дизъюнктивные вентили формируют основу арифметико-логических устройств, где требуется выполнение разнообразных логических операций над двоичными числами.

Кроме того, в программировании Дизъюнкция помогает в формулировании условий в ветвлениях и циклах. Например, в языках программирования, таких как Python или Java, условные конструкции позволяют создавать комплексные логические выражения, что вводит разнообразие в логику и управление алгоритмами.

2. Дизъюнкция в контексте программирования и алгоритмов

Рассмотрим на примерах, как Дизъюнкция применяется в программировании, алгоритмах, а также обсудим её влияние на структуру и логику программных решений. Дизъюнкция, как логическая операция, является базой для построения более сложных условий.

2.1 Логические операции в программировании

Дизъюнкция в программировании, наряду с другими логическими операциям являются основными элементами для реализации алгоритмов. В большинстве языков программирования, таких как Python, C++, Java и JavaScript, Дизъюнкция обозначается символами `or`. Пример использования Дизъюнкции в Python:

```
x = 10
y = 20
if x > 15 or y < 25:
    print("Одно из условий выполнено")
else:
    print("Ни одно из условий не выполнено")
```

Рисунок 2 – Работа оператора if

В этом примере программа выполнит блок `if`, если хотя бы одно из условий истинно.

2.2 Применение Дизъюнкции в условных выражениях

Зачастую при реальном использовании требуются более сложные логические Дизъюнкции. Дизъюнкция для создания трудных условий в программировании. Например, в разработке она может быть использована для проверки ввода пользователя:

```
name = ""
age = 15
if name == "" or age < 18:
    print("Доступ запрещён")
else:
    print("Доступ разрешён")
```

Рисунок 3 – Проверка возраста

В данном случае доступ будет запрещён, если поле имени пусто, либо возраст пользователя не достиг 18 лет.

2.3 Алгоритмы и дизъюнкция

Дизъюнкция играет ключевую роль не только в условных выражениях, но и в более сложных алгоритмах. Например, в алгоритмах поиска и сортировки, Дизъюнкция может использоваться для фильтрации данных.

Рассмотрим алгоритм находящего элементы массива, которые соответствуют хотя бы одному из критериев:

```
numbers = [5, 12, 18, 7, 10]
filtered = [n for n in numbers if n > 15 or n % 2 == 0]
print(filtered) # Вывод: [12, 18, 10]
```

Рисунок 4 – Выбор чисел

Здесь дизъюнкция используется для выбора чисел, которые либо больше 15, либо чётные.

3. Дизъюнкция в цифровых автоматах

Рассмотрим роль Дизъюнкции в проектировании и функционировании цифровых автоматов. Цифровые автоматы, такие как конечные автоматы и программируемые логические контроллеры, используют логические операции для обработки входных данных и управления выходами.

3.1 Основы цифровых автоматов

Цифровые автоматы представляют собой математические модели, которые описывают поведение систем с дискретными состояниями. Они могут быть использованы для реализации различных логических функций и управления процессами. Конечные автоматы, в частности, состоят из состояний, переходов и входных/выходных сигналов. Логические операции, включая конъюнкцию, применяются для определения условий перехода между состояниями.

3.2 Дизъюнкция в конечных автоматах

В конечных автоматах Дизъюнкция используется для определения условий перехода между состояниями, что позволяет автомату перейти в новое состояние, если результат хотя бы один из заданных условий

Таким образом, если хотя бы одно из этих условий дает результат (например, если сигнал о возгорании или температура достигает нормы), то происходит переход в активное состояние, включая системное оповещение. Дизъюнкция,

позволяет системе реагировать на любые из заданных условий, что делает ее полезной, где требуется корректировать действие при выполнении.

```
if сигнал_возгорания or превышение_температуры:  
    включить_оповещение()  
  
    включить_оп
```

Рисунок 5 – Пример использование дизъюнкции

3.3 Программируемые логические контроллеры

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) используются в автоматизации промышленных процессов. Они позволяют программировать сложные логические операции, включая дизъюнкцию, для управления различными устройствами. В ПЛК дизъюнкция может использоваться для обработки сигналов от датчиков и управления исполнительными механизмами.

Допустим, в системе управления насосом, насос может включаться только при выполнении нескольких условий:

- Датчик уровня жидкости показывает, что уровень ниже минимального (условие 1).
- Датчик давления показывает, что давление в системе низкое (условие 2).

Программный код для ПЛК может выглядеть следующим образом:

```
|---[ Уровень < Минимум ]---+---( Включить насос )  
|---[ Давление < Нормы ]----|
```

Рисунок 6 – Проверка двух условий

В этом случае дизъюнкция используется для проверки двух условий. Насос включается, если хотя бы один из условий ниже минимального, либо давление в системе низкое. Это позволяет системе работать даже при одном из этих условий, что делает программе гибкость и эффективность работы.

3.4 Применение Дизъюнкция в проектировании цифровых схем

Дизъюнкция также играет важную роль в проектировании цифровых схем. Потому что она позволяет построить функции, которые включаются при выполнении хотя бы одного условия. Логические элементы, такие как ИЛИ-элементы (ИЛИ-элементы), операции дизъюнкции используются для создания трудных логических схем.

A ----| OR |---- Y
B ----| |

Тут выход Y будет равно 1, если бы один из входов ААА или БББ

Это иллюстрирует применение дизъюнкций в схемах, когда устройство реагирует на выполнение хотя бы одного условия.

3.5 Безопасность информационных систем

В области безопасности информационных систем дизъюнкция также используется для управления доступом, система аутентификации может требовать выполнения условий, таких как наличие действительного логина (условие 1) и правильный пароль (условие 2), перед тем как предоставить доступ к защищенным ресурсам.

Пример кода на Python для проверки аутентификации может выглядеть так:

```
if login == "user" or password == "password123":  
    grant_access()
```

Рисунок 7 – Инвариантное использование дизъюнкции

Заключение

В данной статье мы рассмотрели суть дизъюнкции, её определение, её широкие в различных областях. Мы начали с теоретического обзора дизъюнкции, исследовав её свойства и операционные функции, после чего перешли к практическим примерам использования в системах автоматизации, встраиваемых решениях и алгоритмах.

дизъюнкция позволяет эффективно обрабатывать множественные условия, что значительно повышает надежность и эффективность решений. Примеры из

практики, показанные в статье, подчеркивают, как важно применять эту операцию.

С учетом быстрого развития технологий, будущее применения дизъюнкции остаётся многообещающим. Ускоряющиеся процессы автоматизации, возникновение новых алгоритмов машинного обучения и такие актуальные области, как искусственный интеллект и кибербезопасность, открывают новые горизонты для исследований и внедрения дизъюнктивных методов. Возможно, не в первоначальном виде, но мы уверены, что дизъюнкция продолжит применяться в алгоритмах и совершенствоваться с каждым годом!

Таким образом, можно утверждать, что понимание дизъюнкции и её применение в современной инженерии являются необходимыми навыками для специалистов в области ПК наук и технологий.

Список литературы

1. Горелик, Е. С. О сложности реализации элементарных конъюнкций и дизъюнкций в базисе $\{x | y\}$ / Е. С. Горелик // Проблемы кибернетики. Вып. 26. – М.: Наука, 1973. – С. 27-36.
2. Лупанов, О. Б. Асимптотические оценки сложности управляющих систем / О. Б. Лупанов. – М.: Изд-во МГУ, 1984.
3. Сопруненко, Е. П. О минимальной реализации некоторых функций схемами из функциональных элементов / Е. П. Сопруненко // Проблемы кибернетики. Вып. 15. – М.: Наука, 1965. – С. 117-134.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.
5. Новиков, С. В. Минимальная реализация функции $f = x_1 \wedge x_2 \vee x_3$ схемами из элементов шепферовского типа / С. В. Новиков, В. Э. Комиссаров, В. П. Супрун // Вестник Белорус. ун-та. – 1975. – Сер. 1, № 2. – С. 13-17.
6. Новикова, Т. П. Математическая модель интермодальных грузовых перевозок / Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова, А. И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 62-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-62-70. – EDN ERRGGK.
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н.

Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

References

1. Gorelik, E. S. On the complexity of realisation of elementary conjunctions and disjunctions in the basis $\{x | y\}$ / E. S. Gorelik // Problems of Cybernetics. Vyp. 26. – M.: Nauka, 1973. – P. 27-36.

2. Lupanov, O. B. Asymptotic estimations of control systems complexity / O. B. Lupanov. – Moscow: Izd-vo MSU, 1984.

3. Soprunenko, E. P. About the minimum realisation of some functions by schemes from functional elements / E. P. Soprunenko // Problems of Cybernetics. Vyp. 15. – M.: Nauka, 1965. – P. 117-134.

4. Poluektov, A. V. Modelling of the electromagnetic fields influence on the microcircuits (in Russian) / A. V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modelling of the systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 1. – P. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

5. Novikov, S. V. Minimal realisation of the function $f = x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_n$ by schemes from elements of the Schaeffer type / S. V. Novikov, V. E. Komissarov, V. P. Suprun // Vestnik Belorus. un-ta. – 1975. – Ser. 1, № 2. – P. 13-17.

6. Novikova, T. P. Mathematical model of intermodal freight transportation / T. P. Novikova, S. A. Evdokimova, A. I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 62-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-62-70. – EDN ERRGGK.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in conditions of uncertainty for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН. ПРИМЕНЕНИЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ КРИПТОВАЛЮТ

К.О. Чечукова¹, Т.В. Скворцова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются технологии блокчейн. Их применение за пределами криптовалют, устройство, а также объясняется их популярность.

Ключевые слова: блокчейн, технологии, криптовалюта, факторы.

BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES. APPLICATION BEYOND CRYPTOCURRENCIES

K.O. Chechukova¹, T.V. Skvortsova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article discusses blockchain technologies. Their use outside of cryptocurrencies, the device, and also explains their popularity.

Keywords: blockchain, technology, cryptocurrency, factors.

С появлением технологии блокчейн, изменился подход к проведению финансовых операций. Пользователи получили возможность проводить транзакции напрямую, без банков, в виде посредников. Но не только в финансах, технология нашла применение, в таких сферах как: страхование, логистика и управление цифровыми правами.

В 1990-х годах, специалист по информатике Стюарт Хабер и физик У. Скотт Сторнетта создали первую модель блокчейна. Их целью была борьба с фальсификацией цифровых документов с использованием криптографии в цепочке блоков.

Чтобы разобраться, почему технология блокчейн такая надежная и популярная, нужно разораться в том, как она работает. Блокчейн – это децентрализованная база данных, организованная в виде цепочки блоков. Криптографией эти блоки связаны один за другим, по цепочке и хранят в себе информацию о каждом блоке. Разбираясь в устройство блокчейн, можно выделить несколько основных принципов:

Децентрализация – все пользователи системы хранят частичную (или полную) копию базы данных, что позволяет проверить ее достоверность.

Транзакции – любая операция, например, запись данных или перевод средств, собирается в блоки после проверки их корректности.

Консенсус – только после согласования всех пользователей сети, возможно добавить новый блок.

Криптографическая безопасность – благодаря системе последовательности, в которой каждый последующий блок имеет данные о предыдущем, становится невозможным вносить изменения в уже существующие блоки.

Технология блокчейн вышла далеко за рамки криптовалют. Например, умные-контракты. Которые выполняются автоматически, в тот момент, когда выполнены все оговоренные в контракте условия. Это устраняет необходимость в посредниках, а также повышает эффективность и безопасность операций, связанных с финансами.

В логистике, система блокчейн, тоже нашла применение. Эта система предоставляет возможность отследить пути товара от начальных этапов производства, до конечного потребителя, что существенно снижает количество некачественного товара и потерь. Сокращение издержек, оптимизация логистических операций и повышение скорости доставки, повышая доверие компании перед клиентом. Блокчейн повышает сохранность не только товара в логистике, но также авторского права в интеллектуальной собственности. Благодаря системе сохранения истории, блокчейн обеспечивает сохранность интеллектуальной собственности.

Надежность – залог популярности блокчейна. Защита и открытость информации, два столпа, которые позволяют облегчить операции с блокчейн и убрать ненужных посредников, тем самым уменьшить расходы на труд. В блокчейне данные не хранятся в одном месте, как например в банке, каждый компьютер пользователя блокчейн, хранит ячейки. Что создает практически невозможным прецедент хакерской атаки, или фальсификации информации самими пользователями.

Благодаря прозрачности сделок от самого начала до самого конца, у обычных пользователей есть доверие к этой системе. Так создатели блокчейн борются с вероятностью обмана или коррупции. С каждым днем все больше внимания уделяется использованию блокчейна, который в свою очередь делает интернет и современные коммуникации безопаснее и дружелюбнее. Перечисленные качества помогают создавать надёжный цифровой мир, который нужен пользователям для стабильного развития и процветания.

Серьезные изменения правил экономики и способов коммуникации людей в сети интернета, создают новые виды и формы сотрудничества, основываясь на доверии к системе. В банковской сфере эта технология произвела революцию, производя денежные переводы быстрее, безопаснее и дешевле. Это особенно актуально в наше время, где многие страны ограничены санкциями. Так как, блокчейн, дает возможность людям подключиться напрямую к мировым финансовым рынкам, не используя банки, работающие в интересах конкретных стран. Это способствует росту мировой экономике в столь непростое время.

Создавая инфраструктуру для компаний, где они в свою очередь могут хранить информацию о своей работе в безопасности. Меняет корпоративное управление, делая бизнес более прозрачным. Что в свою очередь, своей прозрачностью, укрепляет доверие инвесторов и клиентов. В логистике и производстве блокчейн борется с контрафактом и оптимизирует доставку, позволяя отслеживать путь товаров — от создания до покупки.

Будущее блокчейн, как технологии, сулит серьезные преобразования в различных сферах жизни, от внедрения в малый и средний бизнес, до работы госаппарата в сферах налогообложения, закупок, голосования и регулирования тендеров. Смарт-контракты и децентрализованные финансовые услуги (DeFi) станут основой для существенного сокращения посредников, упрощения бизнес-процессов и снижения расходов, сделав систему более эффективной.

Социально важные вопросы такие как: защита авторского права, управление персональными данными и обеспечение открытых государственных услуг, так же могут быть решены с помощью технологии блокчейн. Растущий интерес к блокчейну, со стороны все больших правительств разных стран, подчеркивает его значимость как технологии будущего.

Несмотря на возможную сложность на первый взгляд, собственную систему блокчейн, может создать любой желающий. На данный момент существует два варианта развертывания своей системы. Более простой подход, это использование готовых решений с открытым исходным кодом. Такие как Fabric,

EOS или самый популярный Ethereum. Не разбираясь в сложных механизмах реализации, можно создать собственные платформы для распределенного приложения, децентрализованного финансирования, невзаимозаменяемого токена. Второй способ более гибкий, но в свою очередь сложнее в реализации и требует большего времени. Для его реализации нам понадобится открытый исходный код уже существующей системы, и методом обратной инженерии улучшить или изменить под себя.

Современные инновации в блокчейне продолжают развиваться, все глубже интегрируясь в нашу повседневную жизнь и бизнес. Предлагая безопасный и прозрачный способ проведения на всех этапах транзакций и хранения данных. Внедрение этой технологии — меняет способы взаимодействия и сотрудничества на глобальном уровне.

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванов, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

2. Галиуллина, Ю. Ф. Перспективы развития технологии блокчейн и "квантовый блокчейн" в современной экономике / Ю. Ф. Галиуллина, В. М. Никулин // Бизнес и общество. – 2019. – № 1(21). – С. 14. – EDN AMKGGY.

3. Мальцева, В. А. Блокчейн и будущее международной торговли (Обзор доклада "Может ли блокчейн революционизировать мировую торговлю?") / В. А. Мальцева, А. А. Мальцев // Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика. – 2019. – Т. 14, № 4. – С. 191-198. – DOI 10.17323/19967845-2019-04-11. – EDN CFWWWD.

4. Сорокин, А. А. Использование технологии распределенного реестра (блокчейн) в цивилистическом процессе и блокчейн-арбитраж / А. А. Сорокин // Правовое регулирование разумного потребления : материалы IV Международного научно-практического конвента студентов и аспирантов, Казань, 22–23 ноября 2019 года. Том 1. – Казань: Издательство Казанского университета, 2019. – С. 174-175. – EDN NHDUDT.

5. Титов, М. Ю. Пути повышения эффективных способов защиты информации в беспилотных летательных аппаратах двойного назначения / М. Ю. Титов

// Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 82-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN IQOQPI.

6. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

References

1. Computer simulation of the operability of finishing procedures and parasitic elements in the software and hardware complex of microcircuit design / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – VOL. 17, No. 3. – PP. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

2. Galiullina, Yu. F. Prospects for the development of blockchain technology and "quantum blockchain" in the modern economy / Yu. F. Galiullina, V. M. Nikulin // Business and Society. – 2019. – № 1(21). – С. 14. – EDN AMKGGY.

3. Maltseva, V. A. Blockchain and the future of international trade (Review of the report "Can blockchain revolutionize world trade?") / V. A. Maltseva, A. A. Maltsev // Bulletin of International Organizations: education, Science, new Economy. – 2019. – Vol. 14, No. 4. – pp. 191-198. – DOI 10.17323/19967845-2019-04-11. – EDN CFWWWD.

4. Sorokin, A. A. The use of distributed registry technology (blockchain) in the civil process and blockchain.

5. Titov, M. Y. Ways to increase effective ways of protecting information in dual-use unmanned aerial vehicles / M. Y. Titov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 82-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN IQOQPI.

6. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

КАНОНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ: ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ

М.В. Шастин¹, О.Л. Бордюжа¹, Е.В. Грошева¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при разработке базы данных был проведен комплексный анализ выбранной темы. Была определена важность канонических функций. Рассмотрели основные понятия алгебры логики. Привели примеры канонических форм и их применение в цифровой электронике.

Ключевые слова: СКНФ, СДНФ, логическая функция, схема, таблица истинности, минтерм, макстерм.

CANONICAL FORMS OF LOGICAL FUNCTIONS: BASICS AND APPLICATION

M.V. Shastin¹, O.L. Bordyuzha¹, E.V. Grosheva¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, a comprehensive analysis of the selected topic was carried out during the development of the database. The importance of canonical functions was determined. The basic concepts of Boolean algebra were considered. Examples of canonical forms and their application in digital electronics were given.

Keywords: PCNF, PDNF, logical function, scheme, truth table, minterm, maxterm.

Введение

Каноническая форма представляет из себя стандартный способ представления логической функции, позволяющей описать функцию через основные логические операции: конъюнкция, дизъюнкция, отрицание. Она позволяет проще анализировать и преобразовывать логические функции, и может описывать сложные логические схемы.

Канонические формы делятся на совершенную дизъюнктивную нормальную форму (СДНФ) и на совершенную конъюнктивную нормальную форму (СКНФ).

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (СДНФ) является дизъюнкцией элементарных конъюнкций, содержащих все переменные функции, причем переменные могут быть с отрицанием.

Совершенная конъюнктивная нормальная форма (СКНФ) является конъюнкцией элементарных дизъюнкций, содержащих все переменные функции, причем переменные могут быть с отрицанием.

Канонические формы функций нужны для представления логической функции в удобной для нас форме, особенно это помогает если мы работаем со сложной системой. Также они позволяют оптимизировать уже существующие логические функции. Кроме того, у каждой функции есть лишь одна каноническая форма, и это обеспечивает точность в исполнении задачи.

Основные понятия логики

Логическая функция – это функция аргументы которой, и сама функция принимают значения 0 или 1.

Если имеется n аргументов логической функции, то полное число наборов значений N этой функции составит: $N = 2^n$.

Таблица истинности – визуальный инструмент для отображения логической функции и её аргументов. Используется для упрощения восприятия логической функции

Примеры логических функций с соответствующими таблицами истинности:

Дизъюнкция: $f = a \vee b$ (ИЛИ)

Конъюнкция: $f = a \wedge b$ (И)

Исключающее ИЛИ: $f = a \oplus b$.

a	b	f		f		f
0	0	0		0		0
0	1	1		0		1
1	0	1		0		1
1	1	1		1		0

Отрицание: $f = \bar{a}$ (НЕ)

a	f
0	1
1	0

Канонические формы логических функций

Совершенная дизъюнктивная нормальная форма (СДНФ) является дизъюнкцией минтермов, каждый из которых состоит из k переменных ($x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_k$), причём на i -том месте дизъюнкции стоит переменная x_i или её отрицание $\bar{x}_i$. Также все минтермы различны.

Пример: $f(x_1, x_2, x_3)$

$$f = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Совершенная конъюнктивная нормальная форма (СКНФ) является конъюнкцией макстермов, каждый из которых состоит из k переменных ($x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_k$), причём на i -том месте конъюнкции стоит переменная x_i или её отрицание $\bar{x}_i$. Также все макстермы различны.

Пример: $f(x_1, x_2, x_3)$

$$f = (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3) \cdot (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3) \cdot (x_1 \vee x_2 \vee x_3)$$

Переход к каноническим формам

Для перехода от таблицы истинности к СДНФ и СКНФ в таблице истинности записываются все возможные наборы аргументов логической функции, а затем для каждого набора значений аргументов проставляются значения функции.

Пример: $f(x_1, x_2, x_3)$ – число аргументов этой функции $n=3$, значит число наборов для неё составит: $N = 2^3 = 8$.

№	x_1	x_2	x_3	f
0	0	0	0	1
1	0	0	1	1
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	0
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

СДНФ и СКНФ образуются при помощи двух вспомогательных функций: минтерм и макстерм.

Минтерм – это функция, принимающая значение 1 только на одном наборе аргументов. Минтерм выражается через конъюнкцию аргументов, причём аргумент берётся без знака отрицания, если он равен 1, и со знаком отрицания, если он равен 0.

Макстерм – это функция, принимающая значение 0 только на одном наборе аргументов. Макстерм выражается через дизъюнкцию аргументов, причём аргумент берётся со знаком отрицания, если он равен 1, и без знака отрицания, если он равен 0.

В данном примере получаются следующие минтермы:

$$\bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \text{ и } \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 \text{ и } \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \text{ и } x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3$$

И следующие макстермы:

$$x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \text{ и } \bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3 \text{ и } \bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \text{ и } \bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3$$

И так как СДНФ – это дизъюнкция минтерм, она будет выглядеть следующим образом:

$$f = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3 \vee \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \vee x_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3.$$

Аналогично со СКНФ – конъюнкция макстерм:

$$f = (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3) \cdot (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3) \cdot (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3) \cdot (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3)$$

Применение канонических форм

Канонические формы находят широкое применение для анализа и упрощения логических функций. Упрощение заключается в преобразовании исходного выражения в более простую форму с использованием правил алгебры логики и методов минимизации.

К примеру, можно применять алгоритм Куайна-МакКласки или метод Петрика, чтобы упростить сложные выражения до их минимальных версий с наименьшим числом термов. Минимизация функции позволяет сократить количество элементов в схеме, что, в свою очередь, снижает расходы на производство и затраты энергии.

Также следует упомянуть о комбинационных схемах, таких как мультиплексоры, дешифраторы и сумматоры. Эти схемы часто создаются на основе канонических функций. При разработке комбинационной схемы можно составить таблицу истинности для каждого выхода, а затем преобразовать её в СКНФ или СДНФ. Это помогает определить, какие логические элементы необходимы для реализации заданной функции.

Современные языки для описания аппаратного обеспечения, например, Verilog и VHDL, предоставляют возможность записывать логические функции в разных форматах, включая СДНФ и СКНФ. Это дает возможность инженерам разрабатывать сложные цифровые схемы на более высоком уровне абстракции,

в то время как компиляторы могут автоматически создавать оптимизированные схемы, основываясь на этих описаниях.

При создании программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и FPGA канонические формы занимают значительное место. Компилятор изучает описание схемы, которое представлено в формате логического уравнения, и определяет наиболее оптимальный способ его реализации с использованием имеющихся ресурсов, таких как LUTs, триггеры и другие элементы.

Заключение

Канонические формы логических функций играют ключевую роль в области цифровой электроники, как в теории, так и на практике. Они служат универсальными инструментами для анализа, создания и оптимизации логических схем, обеспечивая точность и высокую эффективность при проектировании сложных цифровых систем. Применение СДНФ и СКНФ, помогает не только упростить математическое описание логических функций, но и значительно снизить сложность схем, уменьшить потребление энергии и повысить надежность конечных устройств.

Использование канонических форм охватывает разнообразные задачи, начиная от проектирования комбинационных схем и заканчивая синтезом программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и FPGA. Современные системы автоматизации проектирования активно применяют эти формы для создания оптимальных решений, что существенно ускоряет процесс разработки и внедрения новых технологий.

Таким образом, знание базовых канонических форм логических функций и способность использовать их в реальных ситуациях являются важными факторами для эффективного решения инженерных задач в сфере цифровой электроники.

Список литературы

1. Булева функция. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Булева_функция.
2. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С. А. Победа, М. И. Черных, Ф. В. Макаренко, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

3. Реализация оптимального построения комбинационного устройства и оценка надежности по выходному напряжению / Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин, К. В. Зольников, О. А. Денисова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

4. Булевы функции. Канонические формы логических функций. Полные системы булевых функций – URL: <https://wiki.livid.pp.ru/students/cs/lectures/7.html>.

5. Методы анализа и синтеза комбинационных схем – URL: <https://studfile.net/preview/996151/>

6. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности / Ф. В. Макаренко, А. С. Ягодкин, К. В. Зольников, О. А. Денисова, А. В. Полуэктов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.

7. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера: RISC-V ; пер. с англ. В. С. Яценкова, А. Ю. Романова; под ред. А. Ю. Романова. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 810 с.: ил.

8. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

9. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

10. Высоцкая, И. А. Обоснование методов поиска принципов действия сложных технических систем и объектов / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.

References

1. Boolean function – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Булева_функция.
2. Creation of a behavioral model of an LDMOS transistor based on an artificial MLP neural network and its description in Verilog-A / S. A. Pobeda, M. I. Chernykh, Ph. V. Makarenko, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – Pp. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

3. Implementation of the optimal design of a combinational device and reliability assessment by output voltage / Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin, K. V. Zolnikov, O. A. Denisova // Modeling of systems and processes. – 2021. – V. 14, No. 4. – P. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.
4. Boolean functions. Canonical forms of logical functions. Complete systems of Boolean functions. – URL: <https://wiki.livid.pp.ru/students/cs/lectures/7.html>.
5. Methods of analysis and synthesis of combinational circuits – URL: <https://studfile.net/preview/996151/>.
6. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combinational device taking into account reliability/ Ph. V. Makarenko, A. S. Yagodkin, K. V. Zolnikov, O. A. Denisova, A. V. Poluektov // Modeling of systems and processes. – 2022. – V. 15, No. 1. – P. 115-124.
7. Digital circuitry and computer architecture: RISC-V ; trans. from English by V. S. Yatsenkov, A. Yu. Romanov; edited by A. Yu. Romanov. – M.: DMK Press, 2021. – 810 p.: ill.
8. Mathematical support of an information management system for storing products with a limited shelf life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.
9. Vysotskaya, I. A. Substantiation of information and intellectual support for the principles of operation of technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.
10. Vysotskaya, I. A. Substantiation of methods for searching for principles of operation of complex technical systems and objects / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫЯВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ И ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ

В.А. Щербаков¹, А.В. Дыхно¹, А.В. Сухарский¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается анализ деятельности предметной области исследования, бизнес – процессы компании, с целью выявления функциональных требований. Проведена декомпозиция аутсорсинга логистики в IDF0. Предложено техническое решение по оптимизации сортировки товарно-материальных ценностей.

Ключевые слова: карта контекста, карта ценностного предложения, карта продукта, Use Case, Use Story, MoSCoW, 3PL оператор, аутсорсинг логистики, IDF0, сортировка.

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF THE SUBJECT AREA OF RESEARCH IDENTIFICATION OF REQUIREMENTS TO THE SYSTEM AND OPTIMIZATION WAYS

V.A. Shcherbakov¹, A.V. Dykhno¹, A.V. Sukharsky¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article analyzes the activity of the subject area of the study, the company's business processes, in order to identify functional requirements. The decomposition of logistics outsourcing in IDF0 is carried out. A technical solution for optimizing the sorting of inventory items is proposed.

Keywords: context map, value proposition map, product map, Use Case, Use Story, MoSCoW, 3PL operator, logistics outsourcing, IDF0, sorting.

Для создания информационной системы, основной целью которой является удовлетворение потребностей конечных пользователей в информации необходимой для принятия решений, помогающей проанализировать деятельность

компании, спрогнозировать возможные варианты развития, помогающие в познавательной деятельности, образовательных целях и т.д., отвечающей заявленным бизнес – требованиям заказчика (клиента) с которым мы вступаем в долгосрочные отношения и совместными усилиями определяем, как должна функционировать система для достижения поставленной цели, необходимо проанализировать саму деятельность клиента, бизнес – процессы компании. В данной статье предметной областью исследования будет логистическая деятельность маркетплейса Wildberries в роли 3PL оператора.

Начнём с анализ контекста для понимания сложившейся ситуации в социальном, экономическом и технологическом поле, в которой находится фирма и конструктивного диалога при проведении глубинного интервью с будущим владельцем продукта при создании StarTap или руководителем проекта по созданию и внедрению новых технологий в уже существующей на протяжении многих лет компании. Ниже на Рисунке 1 представлена Карта контекста. Карта контекста также помогает определить слабые стороны и возможные риски.

Демографические тренды -Переход покупателей в онлайн -Доставка к покупателю -Урбанизация	Правила и ограничения -Ограниченные площади в городской инфраструктуре -Ограничения в использовании машин	Экономика и окруж. среда -рынок находится в стадии активного развития -снятие COVID ограничений	Неопределённости -Законодательство - Ископаемое топливо -Рынок складской недвижимости
3PL-провайдер			
Технологические тренды -Роботизация -Автоматизация -дроны -Искусственный интеллект	Потребности клиентов -сохранность продукции во время перевозки - перевозка груза - хранение - упаковка и маркировка	Конкуренты FM Logistic Tab Logix 20 A Ahlers Складские услуги Медиа-логистика	

Рисунок 1- Карта контекста

Дальше предстоит разобраться с тем, а что именно наш заказчик продаёт. Как это помогает обществу, с какими проблемами в осуществлении повседневной деятельности по решению своих функциональных или социальных, или эмоциональных задач пользователи сталкиваются. Какие выгоды желает получить, воспользовавшись услугами по передачи на аутсорсинг часть своих функциональных задач.

Теперь приведём в квадрате карты ценностей перечень всех сервисов, услуг, реализованных фирмой и как они помогают решить возникающие проблемы у потребителей, какие факторы выгоды получают в результате, в соответствии с выявленными ранее желаниями клиента ожидаемыми, желательными или неожиданными. На рисунке 2 представлена карта ценностного предложения для продавцов собственной продукции или дилеров известных производителей.

Для понимания работающей модели бизнеса, как организация получает прибыль или только намерена приносить пользу людям и обеспечивать рост компании. Необходимо воспользоваться Картой продукта. В этом инструменте анализа определены ключевые критерии успеха и перспективы компании в будущем. Отражены потенциальные пользователи нашей бедующей системы и их проблемы. Также потоки прибыли, которые обеспечивают возможность реализации нашего проекта. И ключевые метрики для оценки результатов деятельности до внедрения информационной системы и после

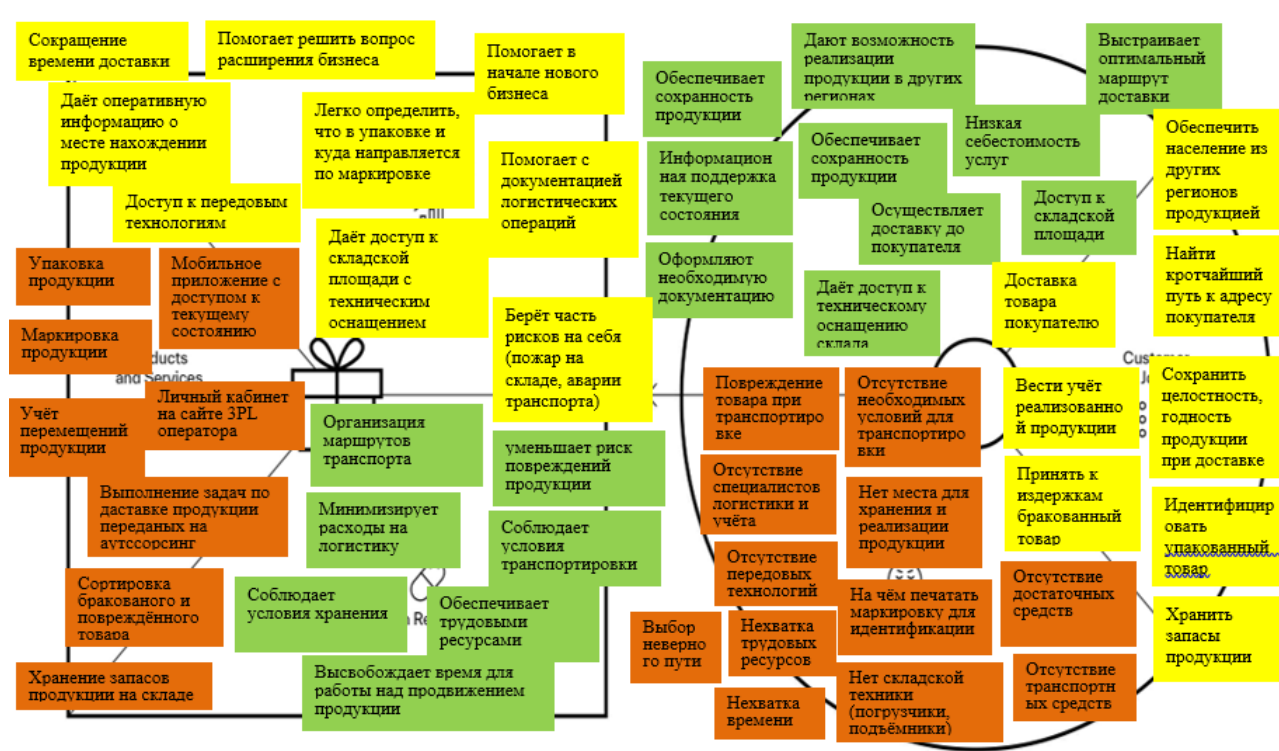


Рисунок 2 – Карта ценностного предложения 3 PL оператора

2. Проблема и существующие альтернативы - Отсутствие достаточных средств - Расширение бизнеса в других локациях - Нет места хранения для продукции - Нет транспорта для доставки продукции покупателю напрямую или в филиал	4. Решение - Создать развитую логистическая инфраструктура - Низкая себестоимость - Разработать приложение для отслеживания груза 8. Ключевые метрики - Активные пользователи - Объем товарооборота - время доставки - Укомплектованность складской площади	3. Уникальная ценность - Применение передовых технологий: WMS, IoT, Robotic-system, дроны и др.	9. Скрытое преимущество - Часть рисков берёт 3PL поставщик - увеличение объема приведет к снижению комиссии и лояльности клиентов 5. Каналы - Реклама в интернете - Через представителей налоговой службы - Конференции, семинары по созданию, продвижению бизнеса - PR - Сарафанное радио	1. Сегменты потребителей ранние последователи - Начинающие предприниматели - малый и средний бизнес - интернет магазины Ранее последователи: Интернет пользователи, которые ищут аутсорсинг логистических операций
7. Структура издержек - ИТ инфраструктура и развитие - зарплата рабочего персонала склада, водителей - маркетинг и PR - расходы на логистическую инфраструктуру		6. Поток прибыли - Комиссия от объемов поставки - Комиссия от объемов и срока хранения		

Рисунок 4 – Карта продукта

Для выявления узких мест и построения структуры бизнес – процессов воспользуемся методом визуального моделирования в нотации IDEF0. Визуальное моделирование — это формальное представление, создание моделей и работа с ними в виде графических диаграмм.

Примеры языков визуального моделирования:

- UML;
- BPMN;
- SDL и MSC для моделирования телекоммуникационных систем;
- SADT/IDEF0 для моделирования бизнес-процессов;
- IDEF1x для моделирования баз данных.

IDEF0/SADT – Structured Analysis and Design Technique Методология SADT представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Метод функционального моделирования SADT (IDEF0). Метод SADT (Structured Analysis and Design Technique) считается классическим методом процессного подхода к управлению. Основным принцип процессного подхода заключается в структурировании деятельности организации в соответствии с ее бизнес-процессами, а не организационно-штатной структурой.

На рисунках 5,6 представлена декомпозиция деятельности сортировочного центра Wildberries. Декомпозиция (Decomposition) является основным понятием

стандарта IDEF0. Принцип декомпозиции применяется при разбиении сложного процесса на составляющие его функции. IDEF0-декомпозиция включает в себя анализ (начальное разделение элемента на более мелкие части) и синтез (последующее их соединение для более детального описания элемента).

Декомпозиция позволяет постепенно и структурировано представлять модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легко усваиваемой.

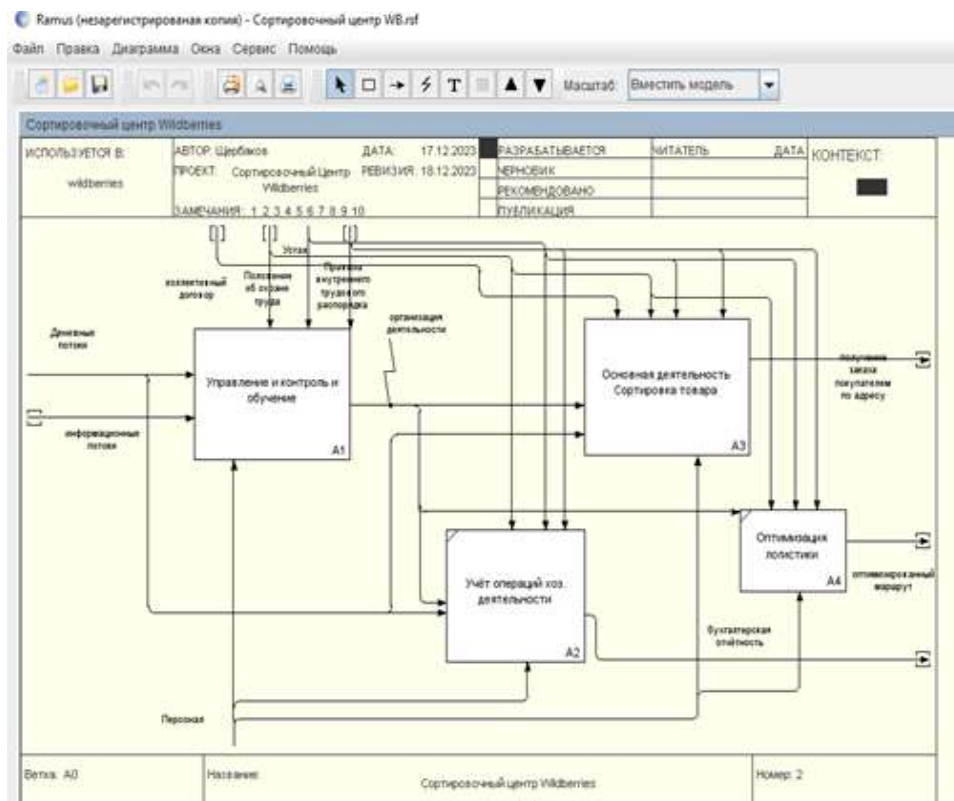


Рисунок 5 – Диаграмма IDEF0

Процесс сортировки это рутинный, монотонный однообразный труд.

При выполнении таких задач продолжительное время человеку не избежать ошибок, а как следствие потерь, для фирмы. Для решения этих задач были придуманы и эффективно эксплуатируются на предприятиях, заводах автоматизированные линии с использованием конвейерных дорожек.

Любая цель коммерческой организации получение прибыли. Прибыль интернет-магазинов зависит от количества объема товарооборота. Чтобы повысить этот показатель, одним из важных факторов в сфере продаж является привлечение покупателей. На фоне высокой конкуренции уменьшение сроков доставки дает конкурентное преимущество перед остальными участниками рынка.

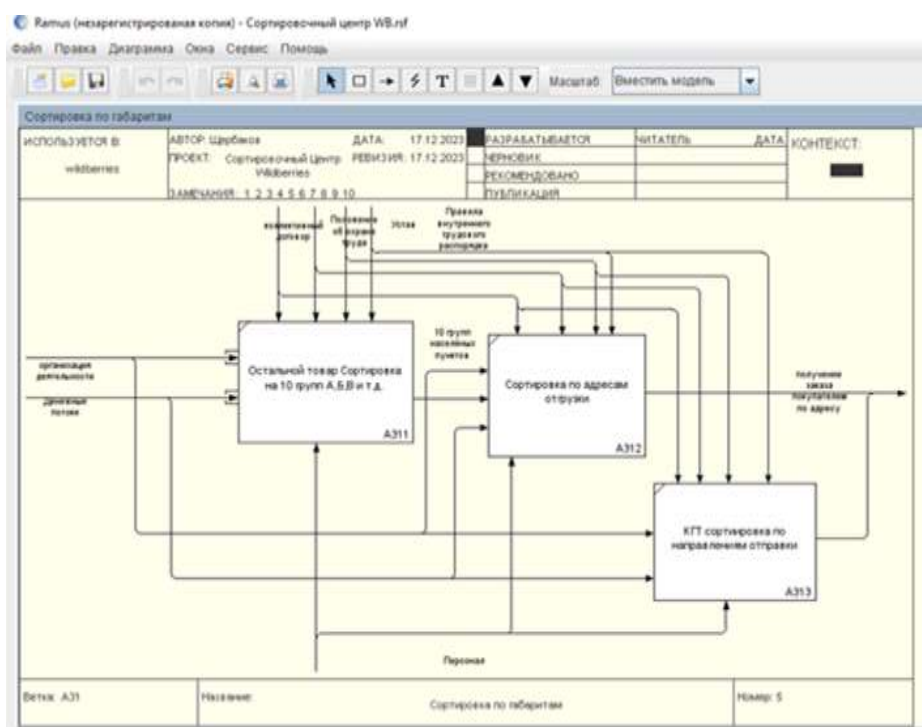


Рисунок 6 – Диаграмма IDF0 декомпозиция основной деятельности

Если ставить целью ускорить процесс обработки для доставки заказов в кратчайшие сроки, уменьшение брака и как результат увеличения лояльности со стороны пользователей. Необходимо автоматизировать деятельность и свести к минимуму человеческий фактор. Для этого предлагаю оптимизировать процесс сортировки с помощью следующего технического решения.

Цель устройства: распределить поступающие единицы товара по категориям.

Устройство состоит из бункера с металлическими решётками ячейки строго квадратной формы и лопастной мешалки для перемешивания товара.

Сам процесс сортировки осуществляется в 2 этапа (предсортировка и сортировка). 1 этап при поступлении общей массы ТМЦ в бункер товар меньших размеров ячейки $46 \times 46 \times 46$ просеивается под действием силы тяжести и вращательного момента лопастей мешалки. Далее по конвейеру поступает во второй, где ячейки меньших размеров для разделения на средний и мелкий товар. 2 этап решётку убирают, и оставшийся товар перемещается по конвейеру к месту отгрузки во время движения, считывается QR – code и клеится этикетка направления доставки, схема показана на Рис. 5. Так же программно проверяется код по признаку категории. Товар исключают из оборота в случае обнаружения несоответствия категории КГТ.

В качестве современного оборудования для оптимизации процесса рекомендуется использовать технологию RFID совместно с QR code.

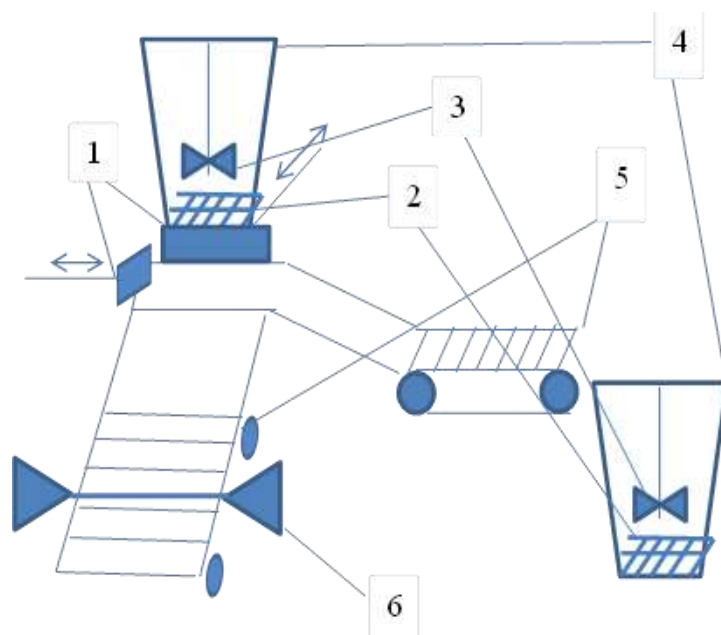


Рисунок 7 – Процесс сортировки (1- гидравлические поршни 2 – металлическая решётка 3 – лопастная мешалка 4 – бункер 5 – конвейер 6 – сканер)

Для поиска требований воспользуемся методикой бизнес-аналитика Use Case также известной под названием сценарий использования.

Способ применения (Use Case)

Роль клиента: Предприниматель

Бизнес: Услуги аутсорсинга логистических операций

Цель обращения: Выполнение функций хранения и доставки 3PL оператором “Wildberries”

Основной поток:

Сотрудник 3PL оператора создаёт договор на оказание услуг

Предприниматель и директор фирмы “Wildberries” заключают договор.

Предприниматель отгружает продукцию на склад исполнителя

Предприниматель передаёт накладную на расход

Сотрудник 3PL оператора заносить перечень номенклатуры в базу данных ИС (информационной системы)

Сотрудник создаёт накладную на приход

Предприниматель и управляющий складом подписывают документы.

Сотрудник принимает продукцию к хранению на складе

Так же удобно рассмотреть функции продукта через описание действий пользователя со стороны владельца продукта.

Пользовательские истории (User Story)

Как Предприниматель

Я хочу выбрать срок хранения, указать объем переданной на хранение продукции

Чтобы узнать стоимость комиссии за услуги аутсорсинга

Как Предприниматель

Я хочу знать, на каком этапе находится продукт

Чтобы быть уверенным, что покупатель получит его в оговоренный срок

После детального изучения реализованной бизнес идеи или планируемой новой деятельности заказчика. Мы можем сформировать ряд требований к информационной системе.

Список требований по их приоритетности выполнения по методу MoSCoW. Функциональные требования к ПО 3PL оператора, система должна обеспечить выполнение функций:

- Учёт остатков, по контрагентам и дате. М
- Учёт перемещений ТМЦ, по клиентам и за период. М
- Учёт списаний, по клиентам за период. М
- Печать данных, по требованию пользователя. М
- Учёт сроков хранения, по партиям продукции. S
- Создать Инвентаризационную опись, за период. S
- Мониторинг поставок и отгрузок, в заданный промежуток времени. S
- Кодирование информации в QR code, штрих код, при печати маркировки.

S

- Импорт данных из Сканеров и ТСД (терминал сбора данных). S
- Экспорт данных на принтеры штрих- кодов и ТСД. S
- Поиск по базе данных, по ключевым словам. С
- Фильтры и быстрый поиск по базе данных, по заданным параметрам. С
- Экспорт данных в Excel, 1С, XML, текстовый файл. С
- Перенос данных, на другие устройства. С
- Резервное копирование, в заданные промежутки. С
- Построение отчетов и диаграмм, по требованию пользователя. С
- Настройка пользовательского интерфейса, по усмотрению пользователя.

С

- Импорт данных из «1С. Комплексная автоматизация 1.1». W
- Планирование размещения продукции, при поступлении. W
- Планирование отгрузки, при отправке. W

- Контроль выполнения поставленных задач персоналом, в заданное время. (При постановке задачи по перемещению система может отследить изменение в соответствующих ячейках) W

- Распределение задач между персоналом, при складских операциях. (Задачи отправляются на ТСД сотрудников)

- Контроль свободного места на складе, на определённую дату. W

Заключение

В статье приведены несколько аналитических методов по сбору информации о компании для понимания предметной области исследования при разработке информационной системы. В качестве примера для анализа рассмотрена деятельность интернет-магазина Wildberries в качестве 3PL провайдера.

Разработана структурно-функциональная модель при помощи графического стандарта IDF0 с декомпозицией основной деятельности сортировочного центра Wildberries. Исследуя потоки и бизнес-процессы организации обнаружены возможности для потенциального роста. Предложено техническое решение для оптимизации, по совершенствованию организации труда как следствия повешения KPI и достижения целей организации.

Информационная система позволит обеспечить получение, поиск, передачу информации между техническими узлами, а также получать и фиксировать аналитические сведения функционирования, изменения параметров технических средств на протяжении срока службы.

Собранные данные путём Карты контекста, Карты ценностного предложения, Карты продукта, послужили ориентиром для определения требований к системе. Так же были использованы такие известные практики как “Use Case” и “Use story”. Как заключения сформулированы рекомендуемые к применению при создании информационной системы для передачи в аутсорсинг логистических функций клиента, функциональные требования к разработке программного обеспечения по критерию приоритетности MoSCoW.

Список литературы

1. ISO/IEC/IEEE 31320-1-2012. Информационные технологии – Языки моделирования - Часть 1: Синтаксис и семантика для IDEF0.
2. Черткова, Е. А. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем : учебник для среднего профессионального образования /

Е. А. Черткова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 146 с.

3. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / В. И. Грекул, Н. Л. Коровкина, Г. А. Левочкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023.

4. Проектирование информационных систем : учебник и практикум для вузов / Д. В. Чистов, П. П. Мельников, А. В. Золотарюк, Н. Б. Ничепорук ; под общей редакцией Д. В. Чистова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023.

5. Высоцкая, И. А. Поиск множества допустимых управленческих решений в технических системах / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 35-42. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. — EDN RMCOIA.

6. Горбунов, В. Г. Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких отношений в условиях принятия решений / В. Г. Горбунов, О. Л. Бордюжа, А. А. Пак // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 42-56. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. — EDN LSMBMD.

Интернет-ресурсы:

1. Курс Лекториума «Системная аналитика». — URL: <https://mooc.lektorium.tv/courses/course-v1:Ingosstrakh+system-analysis+on-demand/info>.

2. Центр развития компетенций в бизнес-информатике, логистике и управлении проектами Института открытых программ дополнительного образования Высшей школы бизнеса. — URL: <https://hsbi.hse.ru/articles/shablon-tsennostnogo-predlozheniya-value-proposition-canvas/>.

3. Аналитика и дизайн © 2008–2024, Uplab. — URL: <https://www.uplab.ru/blog/value-proposition-template/>.

4. Cossa — интернет-издание о маркетинге и коммуникациях в цифровой среде. — URL: <https://www.cossa.ru/yagla/213625/>.

5. Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». — URL: <https://bigenc.ru/c/case-tekhnologii-50d8cb>.

References

1. ISO/IEC/IEEE 31320-1-2012. Information technology - Modeling Languages - Part 1: Syntax and Semantics for IDEF0.
2. Chertkova, E. A. Software Engineering. Visual Modeling of Software Systems: a textbook for secondary vocational education / E. A. Chertkova. – 3rd ed., corrected. and add. – Moscow: Yurait Publishing House, 2024. – 146 p.
3. Grekul, V. I. Design of Information Systems: a textbook and workshop for universities / V. I. Grekul, N. L. Korovkina, G. A. Levochkina. – 2nd ed., revised. and add. – Moscow: Yurait Publishing House, 2023.
4. Design of information systems: textbooks and practical manuals for universities / D. V. Chistov, P. P. Melnikov, A. V. Zolotaruk, N. B. Nicheporuk; edited by D. V. Chistov. – 2nd ed., revised and enlarged. – Moscow: Yurait Publishing House, 2023.
5. Vysotskaya, I. A. The search for a set of acceptable management solutions in technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. – EDN RMCOIA.
6. Gorbunov, V. G. Comparative analysis of Prometheus methods and fuzzy relations in decision-making / V. G. Gorbunov, O. L. Bordyuzha, A. A. Pak // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

Internet-resources:

1. Course of the Lektorium "System Analytics". – URL: <https://mooc.lektorium.tv/courses/course-v1:Ingosstrakh+system-analysis+on-demand/info>.
2. Center for the Development of Competencies in Business Informatics, Logistics and Project Management of the Institute of Open Programs of Continuing Education of the Higher School of Business. – URL: <https://hsbi.hse.ru/articles/shablon-tsenostnogo-predlozheniya-value-proposition-canvas/>.
3. Analytics and Design © 2008–2024, Uplab. – URL: <https://www.uplab.ru/blog/value-proposition-template/>.
4. Cossa is an online publication about marketing and communications in the digital environment. – URL: <https://www.cossa.ru/yagla/213625/>.
5. Scientific and educational portal "Great Russian Encyclopedia". – URL: <https://bigenc.ru/c/case-tekhnologii-50d8cb>.

СЕКЦИЯ 2
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

DOI: 10.58168/MIST2025_179-184

УДК 004.051

**DEVOPS И НЕПРЕРЫВНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ/НЕПРЕРЫВНОЕ
РАЗВЕРТЫВАНИЕ (CI/CD): ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ
РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

А.А. Андриюшин¹, В.Н. Палаткин¹, О.А. Денисова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье рассматривается эволюция методологии DevOps и практик CI/CD как ответ на растущие требования к скорости и качеству разработки программного обеспечения. Анализируются ключевые принципы, инструменты, преимущества и вызовы внедрения этих подходов. Приводятся примеры успешного применения DevOps в индустрии, а также данные исследований, подтверждающие эффективность CI/CD. Статья предназначена для IT-специалистов, руководителей проектов и исследователей, изучающих современные методы разработки.

Ключевые слова. DevOps, CI/CD, автоматизация, микросервисы, облачные вычисления.

**DEVOPS AND CONTINUOUS INTEGRATION/CONTINUOUS
DEPLOYMENT (CI/CD): TRANSFORMING SOFTWARE DEVELOPMENT
PROCESSES**

V.N. Palatkin¹, V.N. Palatkin¹, O.A. Denisova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article examines the evolution of DevOps methodology and CI/CD practices as a response to growing demands for the speed and quality of software development. Key principles, tools, benefits, and challenges of implementing these approaches are analyzed. Examples of success-

ful DevOps application in the industry are provided, as well as research data confirming the effectiveness of CI/CD. The article is intended for IT specialists, project managers, and researchers studying modern development methods.

Keywords: DevOps, CI/CD, automation, microservices, cloud computing.

Современный цифровой ландшафт требует от компаний молниеносной реакции: продукты нужно не только быстро выводить на рынок, но и постоянно совершенствовать, подстраиваясь под капризы пользователей. Устаревшие подходы вроде Waterfall с их многоэтапными согласованиями и рутинной напоминают попытку участвовать в Formula 1 на телеге — пока доберешься до финиша, конкуренты уже сменили три поколения технологий. Именно здесь на сцену выходит DevOps — не просто модный термин, а философия, перекраивающая сам процесс создания ПО.

Статистика — вещь беспристрастная. Согласно исследованию State of DevOps 2022, команды, внедрившие DevOps-практики, оставляют традиционные методы далеко позади. Например, частота выпуска обновлений у них выше в десятки раз, а восстановление после сбоев напоминает работу скорой помощи — на 96% оперативнее. Но главное — клиенты голосуют лояльностью: их удовлетворенность вырастает почти вдвое. Эти цифры не просто отражают эффективность методики — они показывают, как меняются правила игры в ИТ-индустрии.

DevOps стоит искать в Agile — методологии, которая когда-то встряхнула индустрию, заменив бесконечные циклы разработки на итеративные подходы. Но со временем стало ясно: даже самая гибкая разработка буксует, если релизы упираются в рутину тестирования и деплоя. Так родился симбиоз Development и Operations — две вселенные, традиционно разделенные стеной непонимания, начали говорить на одном языке.

Автоматизация — это кислород для DevOps. Представьте: каждый коммит запускает каскад проверок — сборка, юнит-тесты, анализ кода. Jenkins, GitLab CI или GitHub Actions становятся цифровыми надсмотрщиками, отлавливающими баги еще до того быстро и продуктивно. А когда речь заходит о деплое, такие инструменты, как ArgoCD, превращают обновление кластера Kubernetes в прогулку по парку — безопасно и предсказуемо.

В DevOps-командах стираются границы между «я программист» и «я сисадмин». Это похоже на джаз-бэнд: разработчик понимает нюансы инфраструктуры, оператор вникает в логику приложения, а тестировщик выступает дирижером качества. Совместные стендапы и общие метрики (например, время

восстановления сервиса) создают эффект «одной лодки» — когда все грести в одном направлении.

Проверка через Prometheus или ELK-стек — это не просто галочка в отчете. Представьте дашборд, где в реальном времени видны задержки ответа API, ошибки платежей или нагрузка на серверы. Такая прозрачность позволяет не тушить пожары, а предотвращать их — как метеоролог, предсказывающий шторм до того, как сорвет крышу.

CI/CD: Сердцебиение DevOps

Continuous Integration — это ежедневная гигиена кода. Каждый коммит запускает автоматические тесты, словно мини-экзамен для новой функциональности. Например, в FinTech-стартапах это позволяет находить уязвимости в обработке транзакций до того, как они станут головной болью для клиентов.

Continuous Delivery/Deployment — логичное продолжение. Тут в игру вступают «бесшовные» пайплайны: проверенный код автоматически летит на прод через канареечные развертывания или сине-зеленые стратегии. Кейс из практики: один из банков сократил время вывода новых фич с трех недель до двух дней благодаря Argo Rollouts и грамотному feature toggling.

Парадокс DevOps в том, что его нельзя «внедрить» — его нужно прожить. Это как йога для ИТ-команд: гибкость, дыхание процессов и баланс между скоростью и стабильностью. И те, кто овладевает этой практикой, получают не просто техническое преимущество, а билет в лидеры цифровой гонки. Такой подход обеспечивает быструю и безопасную доставку новых функций пользователям.

Agile-методологии, такие как Scrum и Kanban, делают акцент на гибкости и быстрой адаптации к изменениям. DevOps дополняет Agile, обеспечивая автоматизацию и интеграцию процессов разработки и эксплуатации. Это позволяет командам быстрее реагировать на изменения требований и улучшать качество продукта, что особенно важно в условиях динамичного рынка.

Культура DevOps включает не только технические аспекты, но и изменения в мышлении команды. Важно создать среду, где сотрудники чувствуют себя комфортно, делаясь идеями и ошибками. Это способствует инновациям и улучшению процессов. Практики, такие как регулярные ретроспективы и обмен знаниями, помогают командам развиваться и адаптироваться. Культура открытости и доверия — это основа успешного внедрения DevOps.

Инструменты и технологии играют ключевую роль в реализации DevOps. Среди них можно выделить Jenkins для автоматизации сборки и тестирования,

Docker для контейнеризации, Kubernetes для оркестрации контейнеров, а также Terraform для управления инфраструктурой. Эти инструменты помогают командам эффективно внедрять практики CI/CD и обеспечивать стабильность и надежность процессов разработки и эксплуатации.

Таблица 1 – Популярные платформы CI/CD.

Преимущества	Инструмент	Недостатки
Jenkins	Гибкость, поддержка множества плагинов	Сложность настройки
GitLab CI/CD	Интеграция с Git-репозиториями	Ограничения в бесплатной версии
GitHub Actions	Простота использования, облачная инфраструктура	Зависимость от экосистемы GitHub

Инфраструктура как код: автоматизация как основа гибкости

Современные IT-инфраструктуры требуют подходов, которые сочетают скорость и точность. Инфраструктура как код (IaC) стала ответом на этот запрос, превращая ручное управление серверами и сетями в автоматизированный процесс. Такие инструменты, как Terraform и Ansible, уже не просто «фишки» для гиков — они критически важны для компаний, которые хотят оставаться гибкими в быстро меняющемся мире.

Возьмем, к примеру, Netflix. Компания, обрабатывающая терабайты данных ежедневно, использует Terraform для развертывания тысяч серверов в AWS. Благодаря IaC они могут моментально масштабироваться в периоды пиковой нагрузки — например, при выходе нового сезона «Очень странных дел». Это не только экономит время, но и исключает человеческие ошибки, которые неизбежны при ручной настройке.

Согласованность сред: Описывая инфраструктуру через код, команды гарантируют, что конфигурации для разработки, тестирования и продакшена идентичны. Больше никаких «а у меня на локале работало!».

Быстрое восстановление: При сбое инфраструктуру можно развернуть заново за минуты, как конструктор Lego, используя готовые шаблоны.

Масштабируемость: Добавить 100 серверов? Для Terraform это пара команд, а не недели согласований с отделом инфраструктуры.

Контейнеры и Kubernetes: стандарт новой эры

Docker и Kubernetes стали неотъемлемой частью DevOps-практик. По данным CNCF, 89% компаний уже используют Kubernetes в продакшене. Почему?

Контейнеры устраняют проблему «работает на моей машине», а Kubernetes превращает управление тысячами микросервисов в управление единой системой.

Успешные кейсы: как гиганты внедряют DevOps:

— Google: Создатели Kubernetes сами используют его для оркестрации сервисов вроде YouTube и Поиска. Это позволяет им выпускать обновления несколько раз в день, а не раз в квартал.

— Target: Ритейлер перестроил свои IT-процессы, внедрив микросервисы и CI/CD. Результат? Время вывода новых функций сократилось с месяцев до дней, а клиенты получили персонализированные предложения в реальном времени.

Подводные камни: что может пойти не так:

«Мы всегда так делали»: Соппротивление команды — главный враг изменений. Разработчики боятся потерять контроль, админы — ответственности за код. Решение: постепенное внедрение через пилотные проекты.

Legacy-системы: Перенос старых приложений в CI/CD-конвейер часто напоминает ремонт двигателя на летящем самолете. Требуются время и терпение.

Безопасность: Автоматизация без контроля — лазейка для хакеров. Здесь помогает DevSecOps, как у IBM, где проверки безопасности вшиты в каждый этап разработки.

В бедующем DevOps, попереживает внедрение искусственного интеллекта, уже анализирует логи, предсказывает сбои и оптимизирует ресурсы. Например, алгоритмы могут находить уязвимости в коде до того, как он попадет в продакшн. Скоро ИИ станет таким же привычным инструментом, как Jenkins или Git.

Внедрение DevOps — не про установку Kubernetes за неделю. Это про культуру, где ошибки — часть процесса, а автоматизация — воздух, которым дышит команда. Как говорит Netflix в своем блоге: «Если ваш деплой не страшно запускать в пятницу вечером — вы что-то делаете не так». Главное — начать с малого, учиться на примерах и не бояться менять подходы.

Список литературы

1. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн //

Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

2. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

3. Ким, Джендисса. Проект «Феникс»: как DevOps устраняет хаос и ускоряет развитие компании / Дж. Ким, К. Бер, Дж. Спффорд ; пер. с англ. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. — 352 с.

4. Чоу, Эрик. Python для сетевых инженеров: автоматизация сети, программирование и DevOps / Э. Чоу — М.: БХВ-Петербург, 2020. — 400 с.

5. Форсгрэн, Николас. Ускоряйся! Наука DevOps: как создавать и масштабировать высокопроизводительные цифровые организации / Н. Форсгрэн, Д. Хамбл, Дж. Ким ; пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2020. — 464 с.

References

1. Korobova, L. A. Systems approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Einullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

2. Sumin, V. I. Development of a network model of target settings of complex organizational systems for special purposes / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, S. V. Rodin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

3. Kim, Jendissa. The Phoenix Project: How DevOps Eliminates Chaos and Accelerates Organizational Development / J. Kim, K. Behr, J. Spfford; trans. from English. - Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2018. - 352 p.

4. Chow, Eric. Python for Network Engineers: Network Automation, Programming, and DevOps / E. Chow - Moscow: BHV-Petersburg, 2020. - 400 p.

5. Forsgren, Nicholas. Accelerate! The Science of DevOps: How to Build and Scale High-Performance Digital Organizations / N. Forsgren, D. Humble, J. Kim; trans. from English. - Moscow: Alpina Publisher, 2020. - 464 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЕБ-РАЗРАБОТКЕ

А.А. Андриюшин¹, В.Я. Аджиева¹, А.С. Симоненко¹, О.А. Денисова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В последние годы искусственный интеллект (ИИ) стал центральной технологией в сфере IT, значительно влияя на процесс разработки продуктов и улучшение пользовательского опыта. В статье рассматриваются основные направления внедрения ИИ в веб-разработку, включая использование существующих решений и создание собственных. Особое внимание уделяется языковым моделям и библиотекам, которые позволяют разрабатывать нейронные сети на JavaScript. Обсуждаются преимущества и сложности, связанные с интеграцией ИИ, а также роль машинного обучения в создании интерактивных приложений.

Ключевые слова: Искусственный интеллект (ИИ), веб-разработка, нейросети, Machine Learning (ML), JavaScript, API.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN WEB DEVELOPMENT

A.A. Andryshin¹, V.Ya. Adzhieva¹, A.S. Simonenko¹, O.A. Denisova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In recent years, artificial intelligence (AI) has become a central technology in the IT industry, significantly influencing the process of product development and improving user experience. This article discusses the main areas of AI implementation in web development, including using existing solutions and creating your own. Particular attention is paid to language models and libraries that allow developing neural networks in JavaScript. The benefits and challenges associated with the integration of AI, as well as the role of machine learning in creating interactive applications, are discussed.

Keywords: Artificial Intelligence (AI), web development, neural networks, Machine Learning (ML), JavaScript, API.

Введение

Ни для кого не секрет, что главная тема последних нескольких лет в мире – это искусственный интеллект. И раньше искусственный интеллект – это была технология, которая позволяла повысить эффективность какого-либо процесса, но сейчас искусственный интеллект является центральной технологией, и значит крупные корпорации эту технологию оптимизируют и исследуют, а также ищут различные применения для улучшения пользовательского опыта, создания новых механик и сценариев взаимодействия.

На каждом этапе создания IT продуктов используется ИИ для прототипирования и создания каких-либо макетов. Эта технология приносит пользу не только как ключевая функция, но и как элемент полезного ресурса. И теперь клиентский опыт без этой технологии представить просто невозможно. Согласно исследованию, тенденции развития нейросетевой технологии стремиться вверх, например, за год еженедельно публиковались три фундаментальные модели. Помимо этого, за 2023 год было опубликовано на Github 2 млн проектов, связанных с технологией искусственного интеллекта, это в 2.000 раз больше по сравнению с 2011 годом.

На данный момент существует два основных варианта внедрения ИИ в веб-разработку:

1. Использование существующих разработок:

Это означает интеграцию готовых решений и инструментов, таких как API от крупных компаний (например, OpenAI, Google, IBM и других). Эти инструменты позволяют разработчикам быстро добавлять функциональность ИИ в свои приложения, не углубляясь в детали разработки моделей. Примеры включают чат-ботов, системы рекомендаций и анализ данных.

2. Создание собственных решений:

Этот подход требует больше времени и ресурсов, так как разработчики создают и обучают свои собственные модели ИИ. Это может включать использование различных библиотек и фреймворков, для создания специализированных решений, адаптированных под конкретные задачи. Это дает больше контроля над функциональностью и возможностями модели, но требует более глубоких знаний в области машинного обучения.

И так как с собственными разработками сложнее, мы и рассмотрим работу с существующими нейросетями, а также затронем вопросы связей про AI, и как эти два понятия связаны с JavaScript.

Думаем, все знают, что, когда говорим об ИИ, в первую очередь подразумевается «тона» математики, которая производит основную работу. Поэтому стоит рассмотреть несколько моделей, что работают с JS, и понимают основную структуру и подход к работе. В основном эти нейросети работают на базе ML.

Machine Learning (ML) – это у область искусственного интеллекта, которая изучает алгоритмы, модели, позволяющие компьютерам извлекать какую-то пользу и знания из данных. В этом и есть отличие от классического программирования, когда мы всё прописываем полностью руками.

ML работает на json, он может быть внедрен в любое веб-приложение, и может работать как облачный сервис, мобильное приложение или веб-сайт. Удобство использования заключается в основном в том, что сейчас библиотеки, которые активно разрабатываются, имеют какие-то высокоуровневые абстракции, являются хорошо проработанный API который позволяет с минимальной трудозатратностью достигать максимального результата.

Вернемся к JavaScript. Как и в любом языке для обучения нейросети используются набор специализированных библиотек.

В первую очередь рассмотрим библиотеку TensorFlow. Вообще эта библиотека имеет далёкую историю и разрабатывается в компании Google, у неё есть реализация практически под все популярные языки программирования. Вот и появилась возможность работать с JS, плюс она решает практически все задачи, которые так или иначе могут стоять перед разработчиком.

Вторая популярная библиотека – это Brains. С виду она попроще чем предыдущая, и по своему устройству она ориентирована только на обучение нейронных сетей. Для различных задач, там предоставлена масса языков, JS в их числе. В целом Brain больше работает с текстом и проводит анализ на его основе, и это плюс.

Но если нам необходима работа с спам фильтром, для этих целей есть opensv JS. Это библиотека, которая так же специализируется на обработке и анализе изображений и видео, опять-таки в браузере и на стороне node.js, что в принципе сейчас очень важно.

При разработке интерактивных приложений на JavaScript, использование API становится ключевым элементом, позволяющим расширить функциональность и улучшить взаимодействие с пользователем. Как мы уже обсуждали, OpenCV JS предоставляет мощные инструменты для обработки изображений. Однако, для создания полноценных интерактивных приложений, необходимо интегрировать API, которые позволят нам взаимодействовать с внешними данными и сервисами. В следующем разделе мы рассмотрим, как реализовать взаимодействие с API в JavaScript, чтобы обогатить наши приложения.

Давайте рассмотрим различные скрипты при использовании базы данных на примере построения элементарного web-приложения. Скрипты сгенерированы через нейросеть OpenGPT. Запрос звучал следующим образом: «нам необходимо написать авторизацию на сайте «N» на языке php, и посмотрим возможности оптимизации скриптов при подключении к двум типам БД: SQL и NoSQL».

Для начала нейронкой была сверстана простая форма отправки данных по средствам метода POST. С полями ввода input с типом text для логина и password для пароля, и так же добавим кнопку с типом submit (Рис.1).

```
<form action="#" method="post">
  <input type="text">
  <input type="password">
  <input type="submit">
</form>
```

Рисунок 1 – Форма отправки

Следующим шагом было создание двух баз данных, одной в формате SQL, а другой в формате JSON. С полями user и password. (Рисунки 2 и 3).

```
[
  {
    "login": "user",
    "password": "1234"
  }
]
```

Рисунок 2 – БД в формате JSON

```

1
2 SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
3 START TRANSACTION;
4 SET time_zone = "+00:00";
5
6 CREATE TABLE `login` (
7   `id` int(255) NOT NULL,
8   `login` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL,
9   `password` varchar(255) COLLATE utf8mb4_unicode_ci NOT NULL
10 ) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;
11
12 INSERT INTO `login` (`id`, `login`, `password`) VALUES
13 (0, 'user', '1234');
14 COMMIT;
15
16

```

Рисунок 3 – БД в формате SQL

Уже на этом этапе видно, что код что код вписываться и пошиться по правилам написания текста.

Следующим шаг будыл создание скрипта на языке php для подключения к json. (Рис.4)

```

1 <?php
2 $data = array(
3     'login' => 'user',
4     'password' => '1234'
5 );
6 $options = array(
7     'http' => array(
8         'header' => "Content-type: application/json\r\n",
9         'method' => 'POST',
10        'content' => json_encode($data)
11    )
12 );
13 $context = stream_context_create($options);
14 $result = file_get_contents($url, false, $context);
15 if ($result === false) {
16     echo "Ошибка отправки запроса: " . error_get_last()['message'];
17 } else {
18     $response = json_decode($result, true);
19     if (isset($response['success']) && $response['success']) {
20         echo "Авторизация успешна!";
21     } else {
22         if(isset($response['error'])){
23             echo "Ошибка авторизации: " . $response['error'];
24         } else {
25             echo "Ошибка авторизации: Неизвестная ошибка.";
26         }
27     }
28 } ?>
29

```

Рисунок 4 – Код на языке php-авторизации и подключения к JSON

Теперь нейросеть переходит к SQL. (Рис. 5).

```
1  <?php
2  $servername = "localhost";
3  $username = "root";
4  $password = "";
5  $dbname = "user";
6  try {
7      $conn = new PDO("mysql:host=$servername;dbname=$dbname", $username, $password);
8      // set the PDO error mode to exception
9      $conn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE, PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
10 } catch(PDOException $e) {
11     echo "Connection failed: " . $e->getMessage();
12     exit;
13 }
14 $login = $_POST["login"] ?? "";
15 $password = $_POST["password"] ?? "";
16 if (empty($login) || empty($password)) {
17     echo json_encode(["error" => "Поля логин и пароль обязательны для заполнения"]);
18     exit;
19 }
20 try {
21     $stmt = $conn->prepare("SELECT * FROM login WHERE login = :login AND password = :password");
22     $stmt->bindParam(':login', $login);
23     $stmt->bindParam(':password', $password);
24     $stmt->execute();
25     $user = $stmt->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);
26     if ($user) {
27         echo json_encode(["success" => true, "message" => "Авторизация успешна"]);
28     } else {
29         echo json_encode(["success" => false, "message" => "Неверный логин или пароль"]);
30     }
31 } catch(PDOException $e) {
32     echo json_encode(["error" => "Ошибка базы данных: " . $e->getMessage()]);
33 }
34 $conn = null;
35 ?>
36
```

Рисунок 5 – Код на языке php авторизации и подключения к SQL

При копировании данных код работает. И отлично взаимодействует с приложением.

Заключение

Как видно из примеров и историй создания. Нейросети уже крепко вошли в нашу повседневную жизнь. Но при их использовании необходимо учитывать несколько факторов. В первую очередь — это тот факт, что нейросеть это лишь вспомогательный инструмент, а не полноценный программист, верстальщик или художник. И второе, что вытекает из первого абсолютно идеального кода, не факт, что получится с первого раза потом так или иначе нужны навыки работы с БД и конкретным языком программирования. И третий и заключительный фак-

тор, любая нейросеть не обладает навыками творчества, а всего лишь анализирует данные из сети, там самый можно прийти к выводу, что по истине уникальный продукт может создать только человек.

Список литературы

1. Алексеев, А. Введение в Web-дизайн : учебное пособие. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 184 с.
2. Гарретт, Д. Веб-дизайн. Элементы опыта взаимодействия / Д. Гарретт. — СПб.: Символ-плюс, 2023. — 192 с.
3. Дакетт, Д. HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов / Д. Дакетт. — М.: Эксмо, 2022. — 480 с.
4. Диков, А. В. Клиентские технологии веб-дизайна. HTML5 и CSS3 : учебное пособие / А. В. Диков. — М.: Лань, 2020. — 188 с.
5. Макфарланд, Дэвид. Новая большая книга CSS / Д. Макфарланд. — М.: Питер, 2020. — 720 с.
6. Кирсанов, Д. Веб-дизайн: книга Дмитрия Кирсанова / Д. Кирсанов. — М.: Символ, 2020. — 368 с.
7. Киселев, С. В. Веб-дизайн / С. В. Киселев. — М.: Academia, 2020. — 285 с.
8. Клифтон, Ян. Проектирование пользовательского интерфейса в Android / Я. Клифтон. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 452 с.
9. Макнейл, П. Веб-дизайн. Книга идей веб-разработчика / П. Макнейл. — СПб.: Питер, 2022. — 480 с.
10. Минник, Крис. HTML5 и CSS3 для чайников / К. Минник, Э. Титтел. — М.: Диалектика, 2020. — 400 с.
11. Нильсен, Я. Веб-дизайн: книга Якоба Нильсена / Я. Нильсен. — М.: Символ, 2020. — 512 с.
12. Карелин, А. Н. Решение задач тепло- и массообмена в технических объектах на основе компьютерного моделирования / А. Н. Карелин // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 57-65. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-57-65. — EDN NESKWZ.
13. Курипта, О. В. Архитектурное решение проектирования сервисов пространственно-временной навигации в образовательных учреждениях / О. В. Курипта, О. В. Минакова, И. В. Поцббнева // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 65-72. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-65-72. — EDN CNSEZA.

References

1. Alekseev, A. Introduction to Web design : Textbook / A. Alekseev. – Moscow: DMK Press, 2021. – 184 p.
2. Garrett, D. Web design. Elements of interaction experience / D. Garrett. — St. Petersburg: Symbol-plus, 2023. — 192 p.
3. Duckett, D. HTML and CSS. Development and design of websites / D. Duckett. – Moscow: Eksmo, 2022. – 480 p.
4. Dikov, A. V. Client technologies of web design. HTML5 and CSS3 : Textbook / A. V. Dikov. – Moscow: Lan, 2020. – 188 p.
5. McFarland, David. The new big book of CSS / D. McFarland. – Moscow: Peter, 2020. – 720 p.
6. Kirsanov, D. Web design: a book by Dmitry Kirsanov / D. Kirsanov. — M.: Symbol, 2020. — 368 p.
7. Kiselev, S. V. Web design / S.V. Kiselev. — M.: Academia, 2020. — 285 p.
8. Clifton, Jan. Designing the user interface in Android / Jan Clifton. — Moscow: DMK Press, 2021. — 452 p.
9. McNeil, P. Web design. The book of ideas of a web developer / P. McNeil. — St. Petersburg: Peter, 2022. — 480 p.
10. Minnik, Chris. HTML5 and CSS3 for dummies / Chris Minnik, Ed Tittel. – Moscow: Dialectic, 2020. – 400 p.
11. Nielsen, J. Web design: the book I / J. Nielsen. – Moscow: Symbol, 2020. – 512 p.
12. Karelin, A. N. Solving problems of heat and mass transfer in technical facilities based on computer modeling / A. N. Karelin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 57-65. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-57-65. – EDN NESKWZ.
13. Kuripta, O. V. Architectural solution for designing space-time navigation services in educational institutions / O. V. Kuripta, O. V. Minakova, I. V. Potsebneva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 65-72. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-65-72. – EDN CNSEZA.

ЗАЧЕМ ИСПОЛЬЗУЮТ 32-РАЗРЯДНУЮ СИСТЕМУ КОМПЬЮТЕРА

В.И. Анциферова¹, А.С. Мальцев¹, М.Ю. Рытов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В ходе выполнения данной работы был проведен комплексный анализ выбранной темы. Была изучена подходящая литература для работы с 32-разрядной системой компьютера. Научная статья была составлена исходя из соответствующей теме информации.

Ключевые слова: 32-разрядная система компьютера, 64-разрядная система компьютера, 86-разрядная система компьютера, 128-разрядная система компьютера, операционная система.

WHY 32 NUMBER SYSTEM IS USED

V.I. Antsiferova¹, A.S. Maltsev¹, M.Y. Rytov¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In the course of this work a comprehensive analysis of the selected topic was carried out. Suitable literature for work with 32-bit computer system was studied. The research paper was compiled based on the relevant information of the topic.

Keywords: 32-bit computer system, 64-bit computer system, 86-bit computer system, 128-bit computer system, operating system.

Компьютерные разряды, такие как 32-бита или 64-бита, определяет, с каким объёмом данных система может работать одновременно и какой объём памяти она способна адресовать. 32-битные системы часто использовались в течение многих лет, начиная с 90-х годов прошлого столетия, когда технологии активно развивались.

Эти система получили широкое распространение благодаря своей простоте, стабильности и доступности. Они идеально подходили для большинства

задач своего времени, обеспечивая баланс между производительностью и стоимостью. Однако с развитием технологий и ростом требований к вычислительным мощностям на смену 32-битным системам пришли 64-битные, которые предоставляют больше возможностей. Введение 64-битной архитектуры позволяет значительно ускорить работу программ и улучшить многозадачность.

Несмотря на это, 32-битные системы до сих пор находят своё применение в различных сферах, что делает их интересным объектом для изучения и понимания их места в современном мире.

В данной работе мы рассмотрим, что такое 64-разрядная система счисления, зачем она нужна и сравнения с другими системами.

1. Разрядность системы

Разрядность системы – это характеристика компьютера, которая определяет, сколько данных процессор может обработать за один раз (такт). Это касается как процессоров (CPU), так и ОС.

Есть несколько важных моментов о разрядности:

1.1 Разрядность процессора

Процессоры бывают 32-битные и 64-битные. Вот что это значит:

- 32-битный процессор работает с данными по 32 бита за раз.
- 64-битный процессор работает с данными по 64 бита за раз.

Просто говоря, у 64-битного больше возможностей, он быстрее и мощнее.

1.2 Разрядность операционной системы

Операционная система делается под определённый процессор.

- Если у вас 64-битный процессор, вы можете установить 64-битную ОС, и она будет максимально использовать его возможности.

- Если процессор или ОС 32-битные, возможностей будет меньше, потому что они могут обрабатывать меньше данных одновременно.

1.3 Оперативная память

Одно из главных отличий между 32-битной и 64-битной системами – это объём оперативной памяти, которую они могут использовать:

- 32-битная система способна работать только с 4 ГБ оперативной памяти максимум.

- 64-битная система может обращаться к огромному объёму памяти, теоретически больше 16 эксабайт.

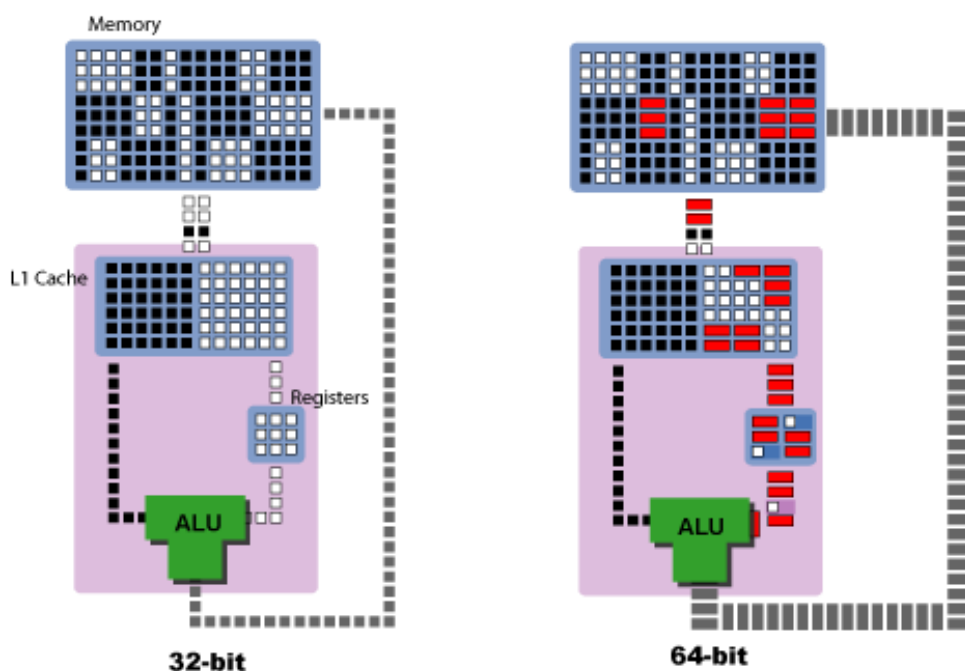


Рисунок 1 – Сравнение 64 и 32-битных систем

2. Преимущества использования 32-битной системы

2.1 Экономия ресурсов

32-битные системы требуют меньше оперативной памяти (максимум до 4 ГБ), поэтому они идеально подходят для старого железа или устройств с ограниченными ресурсами.

2.2 Стабильность на устаревших устройствах

Некоторые старые приложения, оборудования или драйверы лучше работают на 32-битных операционных системах, так как изначально разрабатывались для них.

2.3 Простота разработки для узкоспециализированных устройств

32-битные архитектуры остаются активно используемыми в маломощных устройствах, таких как медицинские приборы, банкоматы, калькуляторы и другие встраиваемые системы.

2.4. Энергоэффективность

В ряде случаев 32-битные архитектуры потребляют меньше энергии, что актуально для автономных или портативных устройств.

2.5 Устойчивая поддержка в старых платформах

Для задач, не требующих больших вычислительных мощностей или памяти, 32-битные системы остаются вполне функциональными. Например, работа

с документами, базовыми операциями или поддержка старых компьютерных сетей.

3. Недостатки использования 32-битной системы

3.1 Ограничение оперативной памяти

Поддерживает не более 4 ГБ оперативной памяти (обычно доступно около 3.2 ГБ), что недостаточно для многих современных приложений.

3.2 Устаревший софт и технология

Большинство новых приложений и операционных систем разрабатываются исключительно для 64-битных архитектур. Это делает невозможным запуск некоторых современных программ.

3.3 Низкая производительность

32-битные процессоры и ОС менее производительны по сравнению с 64-битной архитектурой, особенно при работе с большими объемами данных.

3.4 Ограниченная поддержка разработчиков

Многие производители софта и оборудования постепенно прекращают поддержку 32-битных систем и драйверов.

3.5 Ограничения современных технологий

Непригодна для сложных вычислений, современных игр, работы с большими базами данных или виртуализации, где 64-битная архитектура имеет явные преимущества.

4. Сравнение 32-битных и 64-битных систем

Для более точного понимания различий между 32-битной и 64-битной архитектурами, рассмотрим их особенности и преимущества:

4.1 Обработка данных и производительность

- 32-битная система: обрабатывает данные размером до 4 байт (32 бита) за один цикл. Производительность ограничивается малым количеством адресуемой оперативной памяти и меньшей пропускной способностью процессора.

- 64-битная система: может обрабатывать в два раза больше данных за один цикл (8 байт, 64 бита), что значительно увеличивает скорость работы. Особенно это заметно при выполнении ресурсоёмких задач, таких как моделирование, рендеринг или сложные вычисления.

4.2 Оперативная память

- 32-битная система: Ограничена доступом к оперативной памяти до 4 ГБ (обычно меньше, около 3,5 ГБ из-за системных нужд). Это становится серьёзным лимитом для современных задач.

- 64-битная система: Способна адресовать теоретически до 18 эксабайт памяти (хотя на практике это ограничено операционной системой). Для большинства пользователей это означает использование более 4 ГБ ОЗУ, что критично для современных ПК, серверов и профессиональных приложений.

4.3 Совместимость программного обеспечения

- 32-битная система: Совместима только с 32-битными приложениями. Однако 64-битные версии программ не работают. Подходит для запуска старого ПО и игр.

- 64-битная система: Способна запускать как 64-битные, так и большинство 32-битных приложений. Кроме того, современные программы и игры всё чаще создаются исключительно для 64-битной архитектуры.

4.4 Ресурсы и энергоэффективность

- 32-битная система: менее ресурсоёмкая, подходит для бюджетного оборудования или устройств с минимальными техническими характеристиками (например, устаревшие ПК, планшеты, специализированные системы).

- 64-битная система: требует больше ресурсов, но обеспечивает высокую производительность, особенно на современных компьютерах.

Общие ограничения по объёму используемой памяти	32-Bit	64-Bit
Полное виртуальное адресное пространство	4 ГБ	16 ТБ
Виртуальное адресное пространство для 32-битного процесса	2 ГБ (3 ГБ с ключом загрузки / 3ГБ)	4 ГБ если программа откомпилирована с ключом / LARGEADDRESSAWARE (2 ГБ без этого)
Виртуальное адресное пространство для 64-битного процесса	Не применимо	8 ТБ
Paged pool(Выгружаемый стек)	470 МБ	128 ГБ
Non-paged pool(Невыгружаемый стек)	256 МБ	128 ГБ
System Page Table Entry(PTE)	660 МБ to 900 МБ	128 ГБ
Ограничения по физическому объёму памяти и количеству процессоров	32-Bit	64-Bit
Windows XP Professional	4 ГБ / до 2 CPU	128 ГБ / до 2 CPU
Windows Server 2003, Standard Edition	4 ГБ / до 4 CPU	32 ГБ / до 4 CPU
Windows Server 2003, Enterprise Edition	64 ГБ / до 8 CPU	1 ТБ / до 8 CPU
Windows Server 2003, Datacenter Edition	64 ГБ / 8 - 32 CPU	ТБ / 8 - 64 CPU

Рисунок 2 – Ограничения обеих систем

4.5 Области применения

- 32-битная система:

- Старое оборудование и программное обеспечение.

- Устройства с низким энергопотреблением.
- Узкоспециализированные задачи (кассовые аппараты, банкоматы и т.д.).

- 64-битная система:

- Современные ПК, ноутбуки и мобильные устройства.
- Серверы, рабочие станции для профессиональной работы.
- Ресурсоёмкие задачи, такие как 3D-моделирование, видеомонтаж, науч-

ные вычисления.

Заключение

Подводя итоги, можно сказать, что 32-битные системы постепенно теряют актуальность в условиях современных технологий. Однако они всё ещё находят свою нишу в определённых условиях.

Во-первых, такие системы остаются востребованными для старого оборудования или устаревших устройств ввиду их низких системных требований и оптимальной работы на машинах с небольшой оперативной памятью.

Во-вторых, 32-битные системы обеспечивают совместимость со старым программным обеспечением и драйверами, что делает их подходящими для использования в специализированных сферах, таких как старые промышленные системы, банкоматы, кассовые аппараты и устройства с малым энергопотреблением.

В-третьих, они могут рассматриваться как экономичное решение для базовых задач в условиях ограниченного бюджета или ресурсных ограничений.

Тем не менее, с развитием технологий, массовым переходом на 64-битные архитектуры и прекращением поддержки со стороны разработчиков, 32-битная система выполняет всё более узкоспециализированную роль. Она остаётся актуальной только там, где производительность и множество ресурсов не играют ключевой роли. В общем случае предпочтительнее выбирать 64-битные архитектуры, которые открывают больше возможностей для современных и будущих задач.

Список литературы

1. Сергеев С.Л. Архитектуры вычислительных систем. – М.: БХВ-Петербург, 2021. – 271 с.
2. Мелехин В.Ф., Павловский Е.Г. Вычислительные машины, системы и сети. – М.: Academia, 2020. – 560 с.

3. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
4. Борисенко М.М. Электронные таблицы Microsoft Excel: учебное пособие. – М.: Огни, 2022. – 666 с.
5. X86-64 // Wikipedia. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/X86-64> (дата обращения: 25.01.2025).
6. Петцольд Ч. Код. Тайный язык информатики. – М.: Academia, 2018. – 364 с.
7. Полуэктов, А.В. Моделирование колебательных процессов в пакете MVSTUDIUM / А.В. Полуэктов, К.В. Зольников, В.И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

References

1. Sergeyev S.L. Architectures of computing systems. – Moscow: BHV-Peterburg, 2021. – 271 с.
2. Melekhin V.F., Pavlovskiy E.G. Computers, systems and networks. – Moscow: Academia, 2020. – 560 с.
3. Algorithm of the target product leakage diagnostics under uncertainty conditions for a hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
4. Borisenko M.M. Spreadsheets Microsoft Excel: tutorial. – Moscow: Ogni, 2022. – 666 с.
5. X86-64 // Wikipedia. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/X86-64> (date of access: 25.01.2025).
6. Petzold C. Code. The secret language of computer science. – М.: Academia, 2018. – 364 с.
7. Poluektov, A.V. Modeling of oscillatory processes in the MVSTUDIUM package / A.V. Poluektov, K.V. Zolnikov, V.I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ В TELEGRAM

С.О. Бучнев¹, Я.А. Афанасова¹, Н.Н. Литвинов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при разработке CRM-системы в Telegram был проведен анализ проблемы организации и определен функционал. Боту необходимо: делить на роли, организовывать очередь и распределение вопросов и собирать статистику. База данных спроектирована и разработана в PostgreSQL. Программная составляющая системы рассмотрена на языке Python относительно основного функционала.

Ключевые слова: Telegram, CRM-система, Бот, Программирование, Python.

CRM-SYSTEM DEVELOPING IN TELEGRAM

S.O. Buchnev¹, Y.A. Afanasova¹, N.N. Litvinov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, when developing a CRM system in Telegram, an analysis of the organization's problem was carried out and the functionality was determined. The bot needs to: divide into roles, organize the queue and distribution of questions, and collect statistics. The database is designed and developed in PostgreSQL. The software component of the system is considered in Python with respect to the basic functionality.

Keywords: Telegram, CRM-system, Bot, Programming, Python.

Telegram – самый популярный мессенджер, благодаря которому возможно общаться с пользователем на другом конце страны. Telegram позволяет отправлять многие типы данных: изображения, видеофайлы, файлы, местоположение, и т.д. Помимо обычных пользователей в Telegram существуют боты.

Боты позволяют расширить возможности мессенджера, так как выполняют заранее прописанные действия по сценарию. Например, можно организовать магазин в Telegram с выводом полноценного ассортимента товаров и проведением

оплаты. Для управления ботом используют API, для которого создается токен с уникальным набором символов. Все API работают по одному принципу: обработка обновлений (отправка сообщений, редактирование, удаление и т.д.) и реагирование на них. Бот способен обрабатывать несколько сообщений из нескольких чатов одновременно, значит он может вести диалог между двумя пользователями, перенаправляя сообщения через себя, чем-то напоминая CRM-систему.

CRM-система – программное обеспечение, которое налаживает взаимодействие сотрудников организации и клиентов. Такие системы используют в компаниях, имеющих клиентскую поддержку. С развитием сервисов растет и нужда в поддержке клиентов, которые только начинают пользоваться сервисом, либо, которые хотят уточнить какой-либо вопрос. Для этой задачи требуются сотрудники, знающие, что нужно ответить на любой вопрос клиента. Учитывая множество факторов в ответе, новых сотрудников службы поддержки нужно обучать.

В не очень развитых организациях используют не эффективные системы обучения, что приводит к снижению работоспособности всех сотрудников. В компании, для которой будет создан бот, ранее использовался общий Telegram чат, в котором было более 100 участников. Десять из этих участников, являются кураторами групп, недавно вышедших из обучения, а остальные – группы стажеров. Как уже стало понятно, возникала сложность в обработке вопросов от новичков. Вопросы терялись среди всех сообщений, что приводило путанице для кураторов. В последствие, не удавалось подготовить отчетность для корректировки программы обучения. Было решено, что нужно сделать бота в Telegram (так как данный мессенджер был у всех сотрудников), способного упорядочить и распределить обращения от стажеров к кураторам. Таким образом, бот образует CRM-систему, которая налаживает взаимодействие кураторов и стажеров.

Прежде чем приступить к разработке, необходимо разобраться в том, что должен уметь бот.

Во-первых, боту нужно отличить куратора от стажера и один отдел от другого, из чего следует, что должна вестись запись пользователей, отделов, в которых они состоят, и выдача им ролей. Будем считать, что любой пользователь, который воспользовался ботом в первый раз является стажером. В таком случае, необходима роль администратора, способного любого пользователя сделать куратором. Также стоит учесть, что стажеры после определенного времени должны будут завершить свою практику, поэтому добавим статус заблокированного пользователя, не имеющего возможности взаимодействовать с ботом.

Во-вторых, чтобы не возникало путаницы в обращениях, следует сделать очередь и правильное распределение вопросов.

В-третьих, главная задача CRM-системы – это сбор статистики для улучшения качества работы, – поэтому будем вести историю сообщений пользователей.

Так как необходимо хранить много информации и структурировать ее, начнем с проектирования базы данных. В качестве СУБД будет использован PostgreSQL. Схема базы данных представлена на рисунке 1.

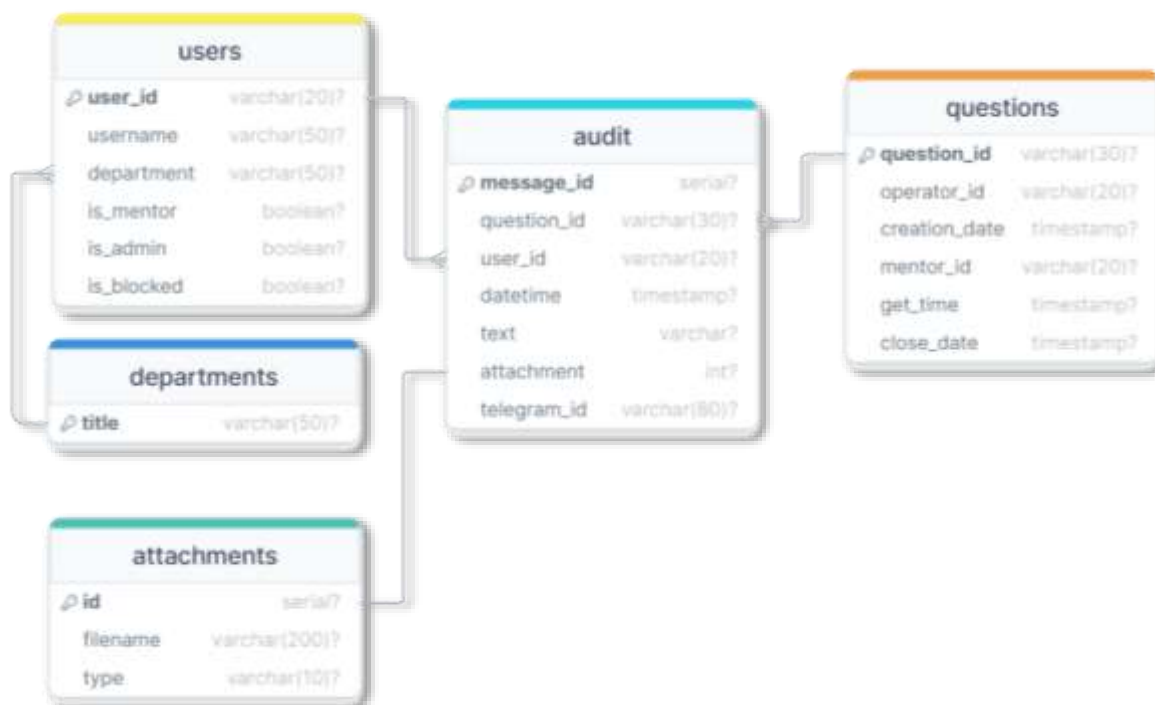


Рисунок 1 – Схема базы данных для бота

Теперь, когда база данных готова, можно приступить к разработке бота относительно задач, используя библиотеку `ruTelegramBotAPI` на языке программирования Python.

Роль пользователя определяется в хендлерах (функция, которая выполняет какие-либо действия в зависимости от содержания сообщения), пример изображен на рисунке 2. В функцию передается сообщение от пользователя и список всех пользователей.

```
bot.register_message_handler(send_ask_command,
                             func=lambda m: user_is_default(m, bot.Users)
                             content_types=['text'],
                             pass_bot=True)
```

Рисунок 2 – Определение роли пользователя в хендлере

Очередь в боте организована обычным списком и взаимодействием с ним (рисунок 3).

```
def add_to_questions(self, user_id: int):  
    if self.any_mentor_online():  
        question = Question(user_id, self.department)  
        self.questions.append(question)  
        return self.add_mentor_for_question(question)  
    return -2
```

Рисунок 3 – Организация очереди в виде списка

Распределение вопросов сильно зависит от некоторых условий. Сначала проверяется наличие куратора. В случае его присутствия, возвращается код пользователя этого куратора. Далее проверяется первенство вопроса. Если данный вопрос и первый из очереди совпадают, то ищется куратор, который на данный момент не занимается никаким вопросом. Если куратор найден, то его прикрепляют к вопросу и обновляют списки вопросов и наставников. В противных случаях возвращают None, что означает «Ничего». Реализация распределения вопросов представлена на рисунке 4.

```
def add_mentor_for_question(self, question: Question):  
    if question.mentor_id is not None:  
        return question.mentor_id  
  
    if self.questions[0] is question:  
        mentor = self.find_free_mentor()  
  
        if mentor is not None:  
            self.mentors.remove(mentor)  
            self.questions.remove(question)  
  
            question.attach_mentor(mentor)  
  
            self.line.append(question)  
            self.mentors.append(mentor)  
  
        return mentor  
  
    return None
```

Рисунок 4 – Распределение вопросов от стажёров для кураторов

Запись истории сообщений ведется через проверку вложений к сообщениям. Также вместе с сообщением можно передать код вопроса от стажёра, что помогает сохранять полные диалоги пользователей, связанные с вопросом. Реализация этой функции представлена на рисунке 5.

```
def write_audit(message: Message, question_id='0'):
    att_id = 0
    if message.content_type == 'photo':
        att_id = db.add_attachment(message.photo[0].file_id, 'photo')

    if message.content_type == 'document':
        att_id = db.add_attachment(message.document.file_id, 'document')

    if message.content_type == 'sticker':
        att_id = db.add_attachment(message.sticker.file_id, 'sticker')

    db.add_audit(message, att_id, question_id)
```

Рисунок 5 – Запись истории сообщений в боте

Итак, бот в Telegram способен не только на отправку заготовленного ответа на сообщения пользователей, но и на распределение и перенаправление сообщений, что позволяет делать крупные системы. Благодаря BotAPI мессенджера, возможно сделать CRM-систему, разработка которой была представлена в этой работе. В ходе этой работы, было выполнено определение задач бота, проектирование базы данных и разработка программной части системы.

Список литературы

1. CRM-системы: что это такое, возможности, функции, задачи. Какие бывают и как их выбирать. – Текст: электронный // Блог Яндекс Практикума [сайт]. – 2021. – URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/что-такое-crm-sistema-i-kak-ih-vybirat> (дата обращения: 13.10.2024).
2. Сидоров, В. А. CRM-системы в повышении эффективности сферы обращения / В. А. Сидоров, В. С. Казусь // Институционально-воспроизводственные механизмы российской экономики в условиях санкций : Материалы по итогам российской научной конференции, Краснодар, 14 мая 2019 года. – Краснодар: Научно-исследовательский институт экономики Южного федерального округа, 2019. – С. 143-151. – EDN RQVTVC.
3. Руководство по языку программирования Python. – Текст: электронный // METANIT.COM – Сайт о программировании [сайт]. – 2024. – URL: <https://metanit.com/python/tutorial/> (дата обращения 15.10.2024).

4. PyTelegramBotAPI: Документация к библиотеке PyTelegramBotAPI: [сайт]. – 2024. – URL: <https://pytba.readthedocs.io/ru/latest/index.html> (дата обращения: 16.10.2024). – Текст: электронный.

5. Руководство по PostgreSQL. – Текст: электронный // METANIT.COM – Сайт о программировании [сайт]. – 2022. – URL: <https://metanit.com/sql/postgresql/> (дата обращения 13.10.2024).

6. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

References

1. CRM systems: what it is, features, functions, tasks. What are the types and how to choose them. – Text: electronic // Yandex Practicum blog [website]. – 2021. – URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-crm-sistema-i-kak-ih-vybirat> (date of request: 13.10.2024).

2. Sidorov, V. A. CRM systems in improving the efficiency of the sphere of circulation / V. A. Sidorov, V. S. Kazus // Institutional and reproductive mechanisms of the Russian economy under sanctions: Materials on the results of the Russian scientific conference, Krasnodar, May 14, 2019. – Krasnodar: Scientific Research Institute of Economics of the Southern Federal District, 2019. – pp. 143-151. – EDN RQVTVC.

3. Guide to the Python programming language. – Text: electronic // METANIT.COM – Website about programming [website]. – 2024. – URL: <https://metanit.com/python/tutorial/> (accessed 10/15/2024).

4. PyTelegramBotAPI: Documentation for the PyTelegramBotAPI library: [website]. – 2024. – URL: <https://pytba.readthedocs.io/ru/latest/index.html> (date of publication: 16.10.2024). – Text: electronic.

5. PostgreSQL Manual. – Text: electronic // METANIT.COM – Website about programming [website]. – 2022. – URL: <https://metanit.com/sql/postgresql/> (accessed 13.10.2024).

6. Zolnikov, K. V. Modelling and optimization of a bandpass filter design on the basis of a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-2-43-50. – EDN POHLTW.

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

К.А. Гурин¹, О.В. Собенина¹, С.В. Смorchков¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается анализ экспериментальных данных с использованием вычислительных машин. Сферы, в которых он применяется и различные методы анализа, а также от чего зависит выбор метода

Ключевые слова: анализ, данные, метод, вычислительные машины, моделирование, статистика.

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA USING COMPUTERS

K. A.Gurin¹, O.V. Sobenina¹, S.V. Smorschkov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article discusses the analysis of experimental data using computers. The areas in which it is used and the various methods of analysis, as well as what determines the choice of method

Keywords: analysis, data, method, computing machines, modeling, statistics.

В настоящее время науку невозможно представить без использования вычислительных машин. С каждым годом объем данных, которые, ученым приходится анализировать, растет в невероятную скорость. До появления вычислительных машин это были счеты, логарифмические линейки, арифмометры. В современном мире на место механическим вычислительным машинам пришли электронные. В начале своего развития, ЭВМ, которые могли выполнять несложные математические расчеты занимали огромное количество места, отдельные этажи исследовательских центров и институтов, а иногда и отдельные здания. Современные же, ЭВМ могут поместиться в ладони человека или же в карман

куртки. Но, к сожалению, для современного анализа экспериментальных данных, даже такие инновационные машины крайне слабы, и современная наука продолжает нуждаться в огромных суперкомпьютерах, занимающих целые этажи.

Для того, чтобы разобраться, как анализируются экспериментальные данные, нужно понять, что вообще такое анализ. Анализ – это часть алгоритма обработки данных состоящий из методов и приложений, он не имеет четко зафиксированного ответа, а только выдает предположительный ответ. В зависимости от методов и мощности вычислительных машин, зависит и точность результата и ответа.

Существуют различные способы применения вычислительных машин в анализе экспериментальных данных:

Моделирование физических процессов – современным вычислительным машинам достаточно мощности, для моделирования эволюции вселенной и отдельно взятых процессов, таких как формирование галактик или поведение темной материи.

Биоинформатика – применение машинного обучения для поиска «маркеров» различных болезней или для анализа данных генома ДНК.

Компьютерное моделирование химических реакций – благодаря компьютерному анализу, ученые химики могут экономить время и средства, предсказывая химические реакции на основе данных, о смешиваемых реагентах.

Помимо различных сфер науки, в которой применяется анализ экспериментальных данных, так же существуют различные методы анализа, рассмотрим их более детально.

Статистические методы – это такие методы, которые являются фундаментальным инструментом для анализа данных, чаще всего их используют в сфере маркетинга. Для того, чтобы провести статистический анализ информации, существует ряд действий:

- Статическое наблюдение – сбор или получение данных, для их дальнейшей обработки.
- Группирование полученных данных по общим признакам. (например, две группы опрошенных: женщины и мужчины)
- Поиск абсолютных и относительных величин (в случае, если данные можно измерить).
- Составление вариационных рядов (если это необходимо и возможно)
- Метод выборки

- Регрессионный и корреляционный анализы. Чаще всего эти два анализа применяются совместно, так как смотрят на анализируемую информацию с двух разных сторон.

Метод машинного обучения – метод, при котором машина самообучается посредством добавления в нее новой информации. Благодаря этому создание машин под узконаправленные цели становится более легким, быстрым и надежным. Но, к сожалению, все еще требуется много человеческих сил для того, чтобы дать машине эту новую информацию, к тому же требуется отладка и проверка знаний и умений машины.

Численный метод анализа – используется для решения задач, где аналитическое решение слишком трудозатратно, либо в принципе невозможно. Несколько видов численного метода анализа:

- Интерполяция – метод нахождения неизвестных пропущенных элементов данных для последующего построения графика функции.
- Численное интегрирование. Математическое вычисление интегралов для их последующего анализа.
- Метод оптимизации. Оптимизация поиска и дальнейшего анализа искомых результатов.

Метод визуализации данных – помогает человеку в более наглядной форме подачи информации, выявить закономерности. Чаще всего используются графики, диаграммы, тепловые карты и 3D-визуализация.

Метод параллельных вычислений – при наличии больших объемов экспериментальных данных, используется параллельное вычисление. Для реализации такого метода используются:

- Распределенные системы. Используется распределение нагрузки на компьютеры в одной сети, для анализа и обработки экспериментальных данных.
- GPU-вычисления. Используются графические процессоры в видеоадаптерах для ускорения анализа экспериментальных данных.

Выбор конкретного метода зависит от многих параметров, таких как: типы данных, цели исследования и доступность вычислительных ресурсов ЭВМ. Прогресс не стоит на месте, и предоставляет обычным пользователям и ученым все более мощные инструменты для анализа экспериментальных данных. Что в свою очередь открывает все новые возможности для практического применения и научных исследований.

Список литературы

1. Каталажнова, И. Н. Приложение дисперсионного анализа к анализу статистической устойчивости экспериментальных данных / И. Н. Каталажнова // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 4. – С. 52-53. – EDN JJSTLX.
2. Анализ экспериментальных данных переменных режимов работы центробежного компрессора / Н. В. Соколов, Т. В. Максимов, М. Б. Хадиев, И. Р. Сагбиев // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2019: материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 450-455. – EDN YPTJOY.
3. Мониторинг программ для ЭВМ по обработке экспериментальных исследований / В. В. Брагилева, Е. М. Зубрилина, И. А. Маркво [и др.] // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : Сборник статей 11-й международной научно-практической конференции в рамках 21-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш – 2018", Ростов-на-Дону, 28 февраля – 02 2018 года. – Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "ДГТУ-ПРИНТ", 2018. – С. 286-288. – EDN YTWWSSE.
4. Страбыкин, Д. А. Построение функциональных моделей узлов и блоков в компьютерном практикуме по ЭВМ / Д. А. Страбыкин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 8. – С. 188-193. – EDN RZYHPW.
5. Шагеев, Д. А. Поиск решения проблемы выбора формы свёртки локальных векторов с целью повышения точности измерений в методе анализа иерархий / Д. А. Шагеев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOH.
6. Мещерякова, А. А. Разработка автоматизированной системы управления мобильным роботом / А. А. Мещерякова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 73-84. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. – EDN GCHUTB.
7. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбенева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

References

1. Katalazhnova, I. N. Application of variance analysis to the analysis of statistical stability of experimental data / I. N. Katalazhnova // *Advances in modern natural science*. – 2004. – No. 4. – P. 52-53. – EDN JJSTLX.
2. Analysis of experimental data on variable operating modes of a centrifugal compressor / N. V. Sokolov, T. V. Maksimov, M. B. Khadiev, I. R. Sagbiev // *Innovative mechanical engineering technologies, equipment and materials* – 2019: Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference, Kazan, December 5-6, 2019. Volume Part 1. – Kazan: Without a publishing house, 2019. – P. 450-455. – EDN YPTJOY.
3. Monitoring of computer programs for processing experimental studies / V. V. Bragileva, E. M. Zubrilina, I. A. Markvo [et al.] // *State and prospects of development of agricultural engineering: Collection of articles of the 11th international scientific and practical conference within the framework of the 21st international agro-industrial exhibition "Interagromash – 2018", Rostov-on-Don, February 28 – 02 2018*. – Rostov-on-Don: Limited Liability Company "DSTU-PRINT", 2018. – P. 286-288. – EDN YTTWSE.
4. Strabykin, D. A. Construction of functional models of units and blocks in a computer workshop on a computer / D. A. Strabykin // *Modern science-intensive technologies*. – 2019. – No. 8. – P. 188-193. – EDN RZYHPW.
5. Shagheev, D. A. Search for a solution to the problem of choosing a form of lacquer of local vectors in order to increase the accuracy of measurements in the method of analysis of hierar-chihi / D. A. Shagheev // *Modeling systems and processes*. – 2024. – T. 17, No. 3. – S. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – Edn Fufkox.
6. Meshcheryakova, A. A. Development of an automated control system for a mobile robot / A. A. Meshcheryakova // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 73-84. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. – EDN GCHUTB.
7. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the example of the Sakhan project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebneva, P. Yu. Gusev // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТИ YOLO: ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д.С. Давыденко¹, А.В. Акименко¹, Хассан Мохаммад Махди¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье рассматривается применение нейросетевой архитектуры YOLO (You Only Look Once) для задач компьютерного зрения. YOLO является одной из наиболее эффективных моделей для детекции объектов в реальном времени. Описываются основные принципы работы сети, методы улучшения точности и скорости, а также перспективы её развития в будущем.

Ключевые слова: компьютерное зрение, искусственный интеллект, машинное обучение

COMPUTER VISION BASED ON THE YOLO NEURAL NETWORK: PRIN- CIPLES, METHODS AND PROSPECTS

D.S. Davydenko¹, A.V. Akimenko¹, Hassan Mohammad Mehdi¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article discusses the application of the YOLO (You Only Look Once) neural network architecture for computer vision tasks. YOLO is one of the most effective models for real-time object detection. The article describes the basic principles of the network, methods for improving accuracy and speed, as well as prospects for its future development.

Keywords: computer vision, artificial intelligence, machine learning.

Компьютерное зрение — это область искусственного интеллекта, направленная на автоматический анализ, интерпретацию и понимание визуальной информации. Оно активно развивается и находит применение во множестве отраслей, от промышленности до медицины. Основная цель компьютерного зрения заключается в том, чтобы дать машинам способность «видеть» и интерпретировать окружающий мир подобно человеку.

С появлением мощных нейросетевых моделей, таких как YOLO, компьютерное зрение вышло на новый уровень, позволяя выполнять детекцию объектов в реальном времени с высокой точностью. YOLO предлагает эффективный подход к обработке изображений, обеспечивая быстрое и точное распознавание объектов, что делает её востребованной во многих сферах.

Сегодня компьютерное зрение используется для автоматизации процессов, повышения безопасности, улучшения медицинской диагностики и создания интеллектуальных систем. В данной статье рассмотрены ключевые аспекты работы YOLO, её применение в различных отраслях, а также перспективы дальнейшего развития технологии.

Современные области применения компьютерного зрения и реальные кейсы.

1. Промышленность.

- **Контроль качества продукции:** Заводы и фабрики используют системы компьютерного зрения для обнаружения дефектов на производственных линиях. Например, Tesla применяет нейросетевые алгоритмы для автоматического контроля сборки автомобилей.
- **Роботизированные производственные линии:** Завод BMW использует компьютерное зрение для автоматического анализа собранных деталей, минимизируя риск дефектов.

2. Автономные транспортные системы.

- **Автопилот в автомобилях:** Tesla, Waymo и другие компании используют YOLO для детекции пешеходов, транспортных средств и дорожных знаков.
- **Беспилотные дроны:** Amazon Prime Air применяет компьютерное зрение для точного приземления дронов при доставке товаров.

3. Безопасность и видеонаблюдение.

- **Распознавание лиц:** Правительственные системы Китая активно применяют нейросети для мониторинга преступников в реальном времени.
- **Контроль доступа:** YOLO используется в аэропортах и на стратегических объектах для автоматизированного распознавания лиц.

4. Медицина.

- **Диагностика заболеваний:** Google DeepMind разработал систему, использующую YOLO и CNN для обнаружения рака груди на снимках маммографии.

- Распознавание аномалий в рентгеновских снимках: Системы на основе нейросетей применяются для диагностики COVID-19 по компьютерным томографиям.

5. Розничная торговля.

- Автоматизированные кассы: В Amazon Go используется компьютерное зрение для автоматического списания товаров без необходимости в кассирах.
- Анализ поведения покупателей: Walmart применяет YOLO для отслеживания передвижения клиентов в магазинах и улучшения выкладки товаров.

6. Спорт.

- Анализ движений спортсменов: Футбольные клубы используют компьютерное зрение для анализа тактики игроков и оценки их физической подготовки.
- Автоматизированные камеры: В теннисе Hawk-Eye отслеживает траектории мячей, помогая судьям принимать точные решения.

7. Сельское хозяйство.

- Мониторинг посевов: Сельскохозяйственные дроны с камерами анализируют состояние растений, обнаруживают болезни и оптимизируют процесс полива.
- Обнаружение вредителей: YOLO помогает фермерам автоматически определять вредителей на растениях, снижая потребность в химических пестицидах.

Перспективы развития компьютерного зрения связаны с улучшением архитектуры моделей, расширением сфер их применения и оптимизацией вычислительных процессов. В ближайшие годы ожидается значительный прогресс в области глубокого обучения, что позволит добиться большей точности и эффективности. Кроме того, появление квантовых вычислений может революционизировать обработку изображений, ускоряя сложные вычисления в разы. Автоматизированные системы, такие как беспилотные автомобили и медицинская диагностика, продолжат активно развиваться, а интеграция компьютерного зрения с дополненной и виртуальной реальностью откроет новые горизонты в индустрии развлечений и образования. Также возрастет роль компьютерного зрения в экологическом мониторинге, что позволит более эффективно бороться с изменением климата и контролировать состояние окружающей среды.

Особое место в общемировых тенденциях занимает развитие технологий компьютерного зрения в России. В стране наблюдается стремительный рост исследований и практических внедрений благодаря высококвалифицированным

научным кадрам, передовым исследовательским институтам и активной государственной поддержке. Российские университеты и научные центры, такие как Московский физико-технический институт, Высшая школа экономики и Санкт-Петербургский государственный университет, играют ключевую роль в разработке алгоритмов для детекции объектов, сегментации изображений и анализа видеопотоков. Государственная программа «Цифровая экономика» вместе с региональными инициативами способствует выделению финансовых средств и созданию благоприятной инфраструктуры для стартапов и инновационных компаний.

Крупные корпорации, такие как «Яндекс», «Сбер» и «ВТБ», а также молодые технологические стартапы активно инвестируют в разработку систем компьютерного зрения, применяемых в безопасности, транспортной логистике, автоматизации производства и медицинской диагностике. Внедрение этих технологий позволяет повысить качество и скорость обработки данных, снизить производственные издержки и обеспечить конкурентоспособность на международном уровне. Особенно перспективны направления, связанные с распознаванием лиц, анализом поведения в общественных местах и автоматизированным мониторингом критически важных объектов, что имеет большое значение для общественной безопасности.

В медицинской сфере отечественные разработки в области компьютерного зрения направлены на создание систем ранней диагностики, анализ изображений рентгеновских снимков и МРТ, что особенно актуально в условиях развития телемедицины. Автономные транспортные системы, включая беспилотные автомобили и дроны, также активно тестируются в различных регионах России, что свидетельствует о высоком потенциале дальнейшего развития этой технологии. В аграрном секторе применение дронов для мониторинга состояния посевов и автоматизированного обнаружения вредителей способствует повышению урожайности и снижению затрат.

Таким образом, перспективы развития компьютерного зрения в России охватывают широкий спектр направлений – от фундаментальных исследований до практических применений в различных отраслях экономики. Сочетание государственной поддержки, наличия высококвалифицированных специалистов и активной инновационной деятельности создаёт благоприятные условия для быстрого роста и внедрения отечественных технологий как на национальном, так и на глобальном уровнях.

YOLO представляет собой одношаговый метод обнаружения объектов, который преобразует задачу детекции в задачу регрессии. В отличие от двухшаговых подходов (например, R-CNN), YOLO обрабатывает изображение целиком, что значительно увеличивает скорость работы. Основные особенности YOLO:

- Разделение изображения на сетку, в каждой ячейке которой предсказывается ограничивающая рамка (bounding box), класс объекта и вероятность обнаружения.
- Использование сверточных нейросетей (CNN) для экстракции признаков.
- Совмещение локализации объектов и классификации в одном процессе, что делает сеть чрезвычайно быстрой.

Таблица 1 – Действие алгоритма

Шаг	Описание
1	Входное изображение разделяется на сетку $N \times N$.
2	Каждая ячейка отвечает за обнаружение объектов, центр которых попадает в неё.
3	YOLO предсказывает несколько ограничивающих рамок и соответствующие им вероятности принадлежности к классам.
4	Используется функция потерь, включающая ошибки классификации, локализации и предсказания ограничивающих рамок.
5	Применяется метод подавления немаксимальных значений (Non-Maximum Suppression, NMS) для удаления дублирующихся рамок.

YOLO остается одним из наиболее перспективных алгоритмов компьютерного зрения благодаря своей высокой скорости и точности. Развитие данной технологии способствует её интеграции в различные отрасли, что делает её важным инструментом в современном мире. Улучшение модели, оптимизация вычислений и новые области применения делают YOLO ключевым элементом будущего компьютерного зрения.

Список литературы

1. Евстраткин, К. С. OPENCV: варианты использования компьютерного зрения / К. С. Евстраткин, А. Р. Султанова, А. В. Ерпелев // Цифровые технологии: наука, образование, инновации : Материалы III Международного научного Форума профессорско-преподавательского состава и молодых ученых, Москва, 09 ноября 2020 года / Под редакцией А.В. Олейник, А.А. Зеленского. – Москва: Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", 2021. – С. 28-31. – EDN KTLCNJ.

2. Rice Fungal Diseases Recognition Using Modern Computer Vision Techniques / I. V. Arinichev, S. V. Polyanskikh, G. V. Volkova, I. V. Arinicheva // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 21, No. 1. – P. 1-11. – DOI 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1. – EDN CPIVQC.
3. Medvedeva, I. A. Automated complex development project based on computer vision technology / I. A. Medvedeva, M. V. Vanslav, M. A. Ragozina // Natural and Technical Sciences. – 2022. – No. 7(170). – P. 177-178. – EDN HONPYU.
4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Глубокое остаточное обучение для распознавания изображений. CVPR, 2016.
5. Бочкарев С., Лемпитский В. Глубокое обучение в анализе изображений: тенденции и приложения. Распознавание образов, 2021.
6. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбенева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
7. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.
8. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.
9. Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах / А. В. Скрыпников, И. А. Высоцкая, С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.

References

1. Evstratkin, K. S. OPENCV: Use Cases of Computer Vision / K. S. Evstratkin, A. R. Sultanova, A. V. Erpelev // Digital Technologies: Science, Education, Innovations: Proceedings of the III International Scientific Forum of Faculty and Young Scientists, Moscow, November 09, 2020 / Edited by A. V. Oleinik, A. A. Zelensky. – Moscow: Moscow State Technological University "STANKIN", 2021. – P. 28-31. – EDN KTLCNJ.

2. Rice Fungal Diseases Recognition Using Modern Computer Vision Techniques / I. V. Arinichev, S. V. Polyanskikh, G. V. Volkova, I. V. Arinicheva // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 21, No. 1. – P. 1-11. – DOI 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1. – EDN CPIVQC.
3. Medvedeva, I. A. Automated complex development project based on computer vision technology / I. A. Medvedeva, M. V. Vanslav, M. A. Ragozina // Natural and Technical Sciences. – 2022. – No. 7(170). – P. 177-178. – EDN HONPYY.
4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition. CVPR, 2016.
5. Bochkarev S., Lempitsky V. Deep learning in image analysis: trends and applications. Pattern Recognition, 2021.
6. Minakova, O. V. Improving Work Efficiency in Open Source Projects Based on Architectural Analysis (using the Sakhan Project as an Example) / O. V. Minakova, I. V. Potsebnova, P. Yu. Gusev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
7. Zarevich A.I., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.
8. Sazonova S. A., Shcherbakova I. V., Smetankina G. I. Modeling of the leakage diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in a hydraulic system // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.
9. Selection of the optimality criterion in making managerial decisions in complex technical systems / A.V. Skrypnikov, I. A. Vysotskaya, S. A. Evdokimova [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.

НАСТРОЙКА БЮДЖЕТИРОВАНИЯ В «1С:КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ»

Ф.Х. Даурова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается бюджетирование в «1С:Комплексной автоматизации». На рисунках показана настройка бюджетирования в программе 1С в различных конфигурациях. Показано, что бюджетирование в «1С:Комплексной автоматизации» позволяет осуществлять финансовое планирование деятельности компании, вырабатывать оптимальные решения и контролировать достижение финансовых целей компании.

Ключевые слова: моделирование, бизнес-процессы, бюджетирование, «1С:Комплексной автоматизации», настройка бюджетирования.

SETTING UP BUDGETING IN 1C:COMPREHENSIVE AUTOMATION"

F.H. Daurova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses budgeting in 1C: Integrated Automation. The figures show the budgeting settings in the 1C program in various configurations. It is shown that budgeting in 1C: Integrated Automation makes it possible to carry out financial planning of the company's activities, develop optimal solutions and monitor the achievement of the company's financial goals.

Key words: modeling, business processes, budgeting, 1C: Integrated Automation, budgeting setup.

Под моделированием процессов часто понимают метод воспроизведения и исследования определённого фрагмента действительности (предмета, явления, процесса, ситуации) или управления им, основанный на представлении объекта с помощью модели. К целям описания бизнес-процессов (БП) относятся анализ и регламентация тех или иных действий, происходящих в коллективе.

Моделирование бизнес-процессов в компании направлено на решение различных задач и иметь несколько целей:

- определить результат бизнес-процесса;
- определить набор действий, которые составляют бизнес-процесс;
- обеспечить наглядность, что позволит систематизировать информацию о компании, что позволит видеть ее в графической форме;
- исследовать количество и частоту используемых ресурсов, что позволит прогнозировать заказы и закупки;
- произвести нормирование, которое позволит следовать тем указаниям, правилам и требованиям, которые были установлены в моделях;
- выявить потенциальные узкие места, а также возможности улучшения процесса, который позже будет использоваться для оптимизации;
- произвести автоматизацию тех процессов, которые чаще всего выполняются в ходе той или иной деятельности;
- понять и изучить все бизнес-процессы компании. Это позволит выявить существующие проблемы, а также в дальнейшем их решить.

В свою очередь, главная задача при моделировании БП компании – описать процессы внутри нее, чтобы построить их модели такими, какие они есть. Важным аспектом является то, что при создании модели, компоненты, которые находятся внутри нее, должны быть взаимосвязаны.

Графическая схема бизнес-процесса представлена на рисунке 1.

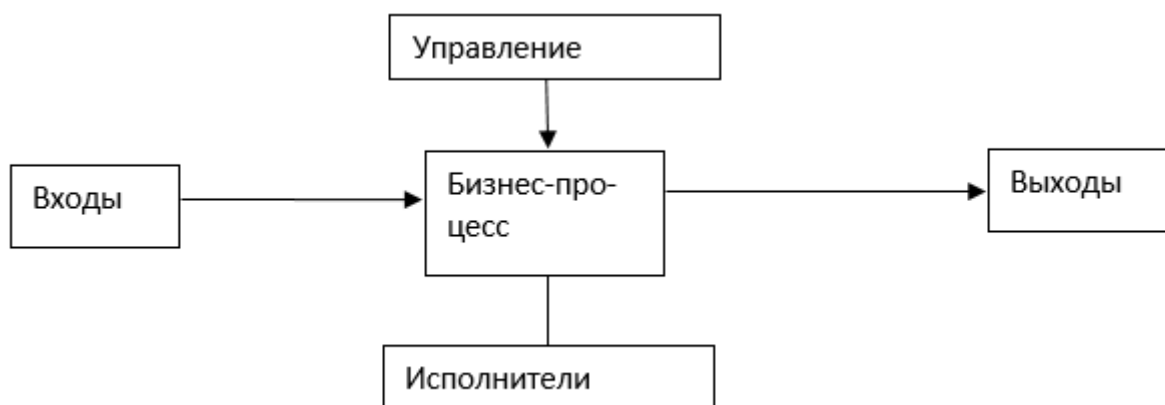


Рисунок 1 – Составляющие бизнес-процесса

Бюджетирование в «1С:Комплексной автоматизации» позволяет осуществлять финансовое планирование деятельности компании, вырабатывать оптимальные решения и контролировать достижение финансовых целей компании (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема бюджетирования

Проведя анализ БП компании, можно выделить два ЦФО: отдел Погрузки и Снабжения; отдел Продаж и Управления.

На рисунках 3-10 показана настройка бюджетирования в программе 1С в различных конфигурациях.

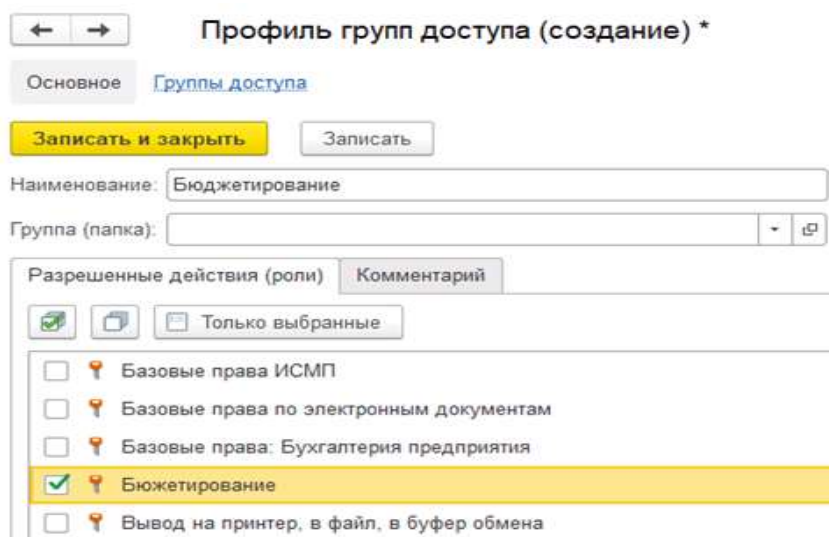


Рисунок 3 – Настройка профиля у пользователя

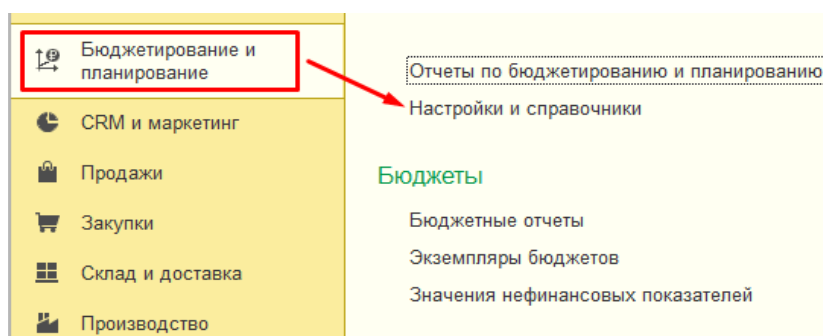


Рисунок 4 – Где располагается раздел

Виды аналитик

Аналитика 1:	Номенклатура	▼	🔗	Аналитика 4:	Договоры	▼	🔗
Аналитика 2:	Статьи ДДС	▼	🔗	Аналитика 5:		▼	🔗
Аналитика 3:	Партнеры	▼	🔗	Аналитика 6:		▼	🔗

Рисунок 5 – Аналитика по характеристикам

Месячный план (Сценарии бюджетирования) *

Записать и закрыть **Записать** **Еще** ▼ **?**

Наименование:

В группе сценариев: ▼ 🔗

Валюта:

Прогнозные курсы валют

☒ Устанавливаются для данного сценария [Прогнозные курсы](#)

☐ Используются курсы другого сценария: ... 🔗

Проверка курсов

☒ Требуется указания прогнозных курсов для каждого периода

? Если флаг указан, то при вводе экземпляра бюджета система будет требовать указания курса на каждый период планирования. Флаг рекомендуется устанавливать при необходимости прогнозирования колебаний курсов валют.

Рисунок 6 – Настройка месячного плана

Оперативный учет: Реализация клиенту, Номенклатура Равно "РБТ.110.00 Катушка" И Номенклатура Ра...

Записать и закрыть **Записать** **Результат работы правил** **Еще** ▼ **?**

Статья бюджетов: ▼ 🔗 Тип правила: ▼

Раздел источника данных: ▼ Коэффициент: ▼

Настройка источника данных **Дополнительный отбор** **Заполнение аналитик статьи**

Хозяйственная операция: ▼ 🔗

Источник суммы: ▼

Правило действует с: по: ☐ Хранить результат выполнения правила

Рисунок 7 – Оперативный учет

Отдел погрузки и снабжения имеет ответственного Начальник отдела погрузки и снабжения, который отвечает за поставку деталей, свойства показаны на рисунке 11.

Отдел Продаж, отвечает за количество обработанных и утвержденных заказов, что является основополагающей в работе фирмы, отвечает за это Менеджер отдела заказов. Свойства показаны на рисунке 12.

В результате были сформированы ЦФО, что помогает концентрироваться не только на производственных, но и на финансовых вопросах, а также была усилена ответственность руководителей данных процессов, что поспособствовало улучшению эффективности работы компании и увеличению количества заказов. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Рисунок 8 – Предыдущая версия конфигурации

N	Дата планирования	Статья расходов	Сумма	Источник	Направление деятель...	Подраздел
1	01.05.2013	Себестоимость продаж	33 000,00	Товары, продукция	Производство и продажа	Маркет
2	01.05.2013	Себестоимость продаж	12 800,00	Расчеты с персоналом ...	Работы и услуги	Проект
3	01.05.2013	Зарплата продавцов	3 400,00	Расчеты с персоналом ...		
4	01.05.2013	Амортизация транспорта	350,00	Амортизация имущества		
5	01.05.2013	Зарплата администрат...	18 500,00	Расчеты с персоналом ...		

Рисунок 9 – Пример бюджета прошлой конфигурации

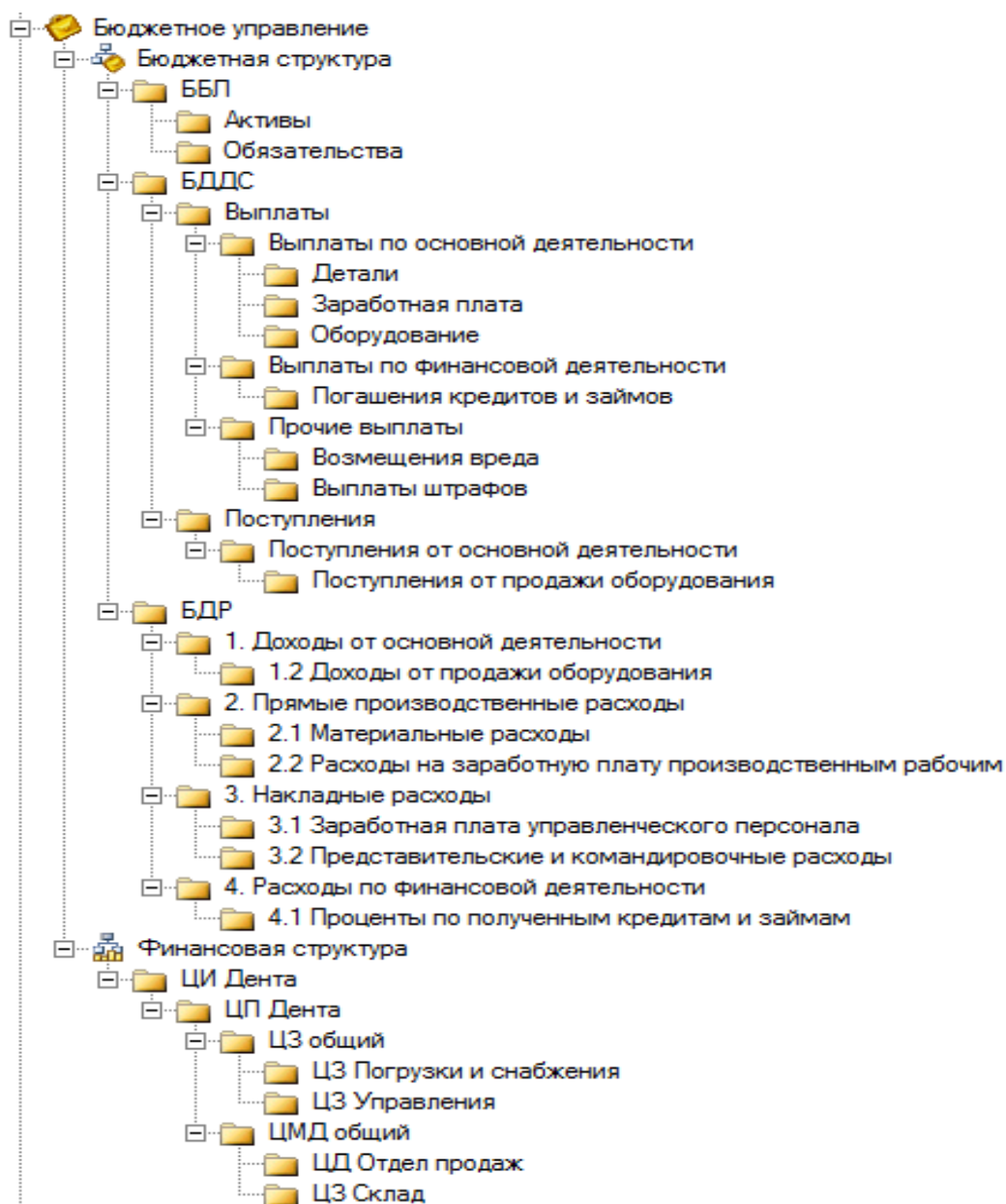


Рисунок 10 – Бюджетная и финансовая структуры

ЦЗ Погрузки и снабжения (финансовая структура)

Название: ЦЗ Погрузки и снабжения

Тип центра: Центр затрат

Вид центра: Центр ответственности

Ответственный: Начальник отдела погрузки и снабжения

Комментарий:

Элемент	Тип
3.1 Зарботная плата управленческого персонала	Бюджетная структура
А1.3 Отдел погрузки и снабжения	IDEFO
Детали	Бюджетная структура
Начальник отдела погрузки и снабжения	Должность

Рисунок 11 – ЦФО Погрузки и снабжения

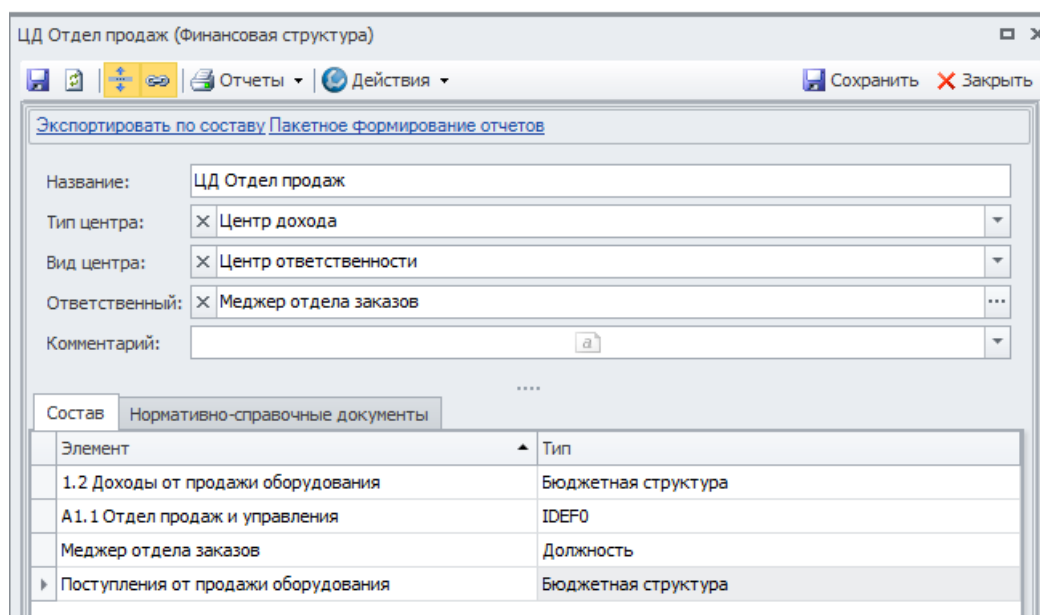


Рисунок 12 – ЦФО Продаж и Управления

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest

complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В BUSINESS STUDIO

Ф.Х. Даурова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается моделирование бизнес-процессов и основные объекты технологической модели в Business Studio. Рассмотрены графические изображения основных функциональных блоков. Рассмотрена возможность изменения статуса процесса. Приведены свойства текущего статуса. Определены требования к результатам процесса.

Ключевые слова: моделирование, бизнес-процессы, функциональные блоки, Business Studio, статус процесса.

THE MAIN OBJECTS OF THE TECHNOLOGICAL MODEL IN BUSINESS STUDIO

F.H. Daurova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the modeling of business processes and the main objects of the technological model in Business Studio. Graphic images of the main functional blocks are considered. The possibility of changing the status of the process is considered. The properties of the current status are given. The requirements for the results of the process are defined.

Key words: modeling, business processes, functional blocks, Business Studio, process status.

Рассмотрим основные объекты технологической модели в Business Studio. Выбранный тип диаграмм часто используется в моделировании для анализа и реорганизации бизнес-процессов. Рассматриваемые процессы соответствуют процессам протекающим на предприятии и составляют технологическую модель каждого отдела на ООО «Дента».

Процесс или как его еще называют функция – это блок, представляющий из себя действие или набор нескольких действий, которые производятся над объектом для получения необходимого результата. Внутри данного блока находится наименование функции и графическое изображение представлено на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Графическое изображение «Функции»

Событие. Оно является существенным для целей управления и управляет дальнейшим развитием одного или более БП. Данный элемент может визуализировать события, активные функции или порождаемые функции. Наименование также находится внутри. На рисунке 2 показано как выглядит этот символ.

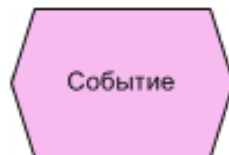


Рисунок 2 – Графическое изображение «События»

Стрелка используется для связи элементов на диаграмме между собой. Так же она может показывать является ли связь направленной или нет. На Рисунке 3 мы можем увидеть как она выглядит.



Рисунок 3 – Графическое изображение «Стрелка»

Оператор «И» служит для слияния или ветвления функций или событий. Этот оператор показывает, что необходимо одновременное выполнение двух условий для завершения данного процесса. Пример использования показан на рисунке 4.

Оператор «Или» служит для слияния или ветвления функций или событий. Данный оператор показывает, что для завершения необходимо выполнения одного из условий или же одновременного выполнения двух условий. По правилам данной нотации не может быть такого случая, что после одиночного

события следует оператор или. Графическое изображения использования оператора «Или» показано на Рисунке 5.

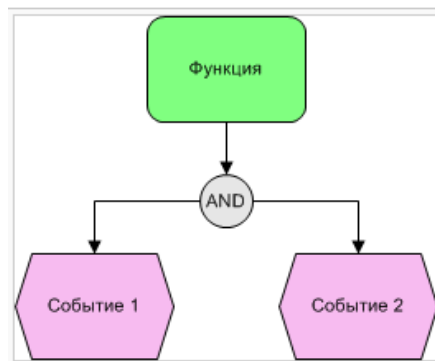


Рисунок 4 – Графическое изображение оператора «И»

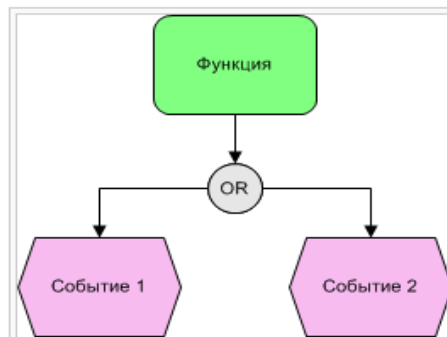


Рисунок 5 – Графическое изображение оператора «Или»

Субъект используется для того, чтобы показать на диаграмме, кто из организационной структуры является исполнителем, владельцем или участником функции. Наименование показывается внутри блок, а графическое представление показано на рисунке 5.



Рисунок 6 – Графическое изображение «Субъект»

Изменение статуса процесса. Все процессы в Business Studio имеют статусы, которые возможно редактировать, и они находятся в разделе «Текущий статус», который является подразделом «Статусы процесса». Мы можем изменять каждый параметр, что приведет изменениям свойств процесса. «Текущий статус» показан на рисунке 6.

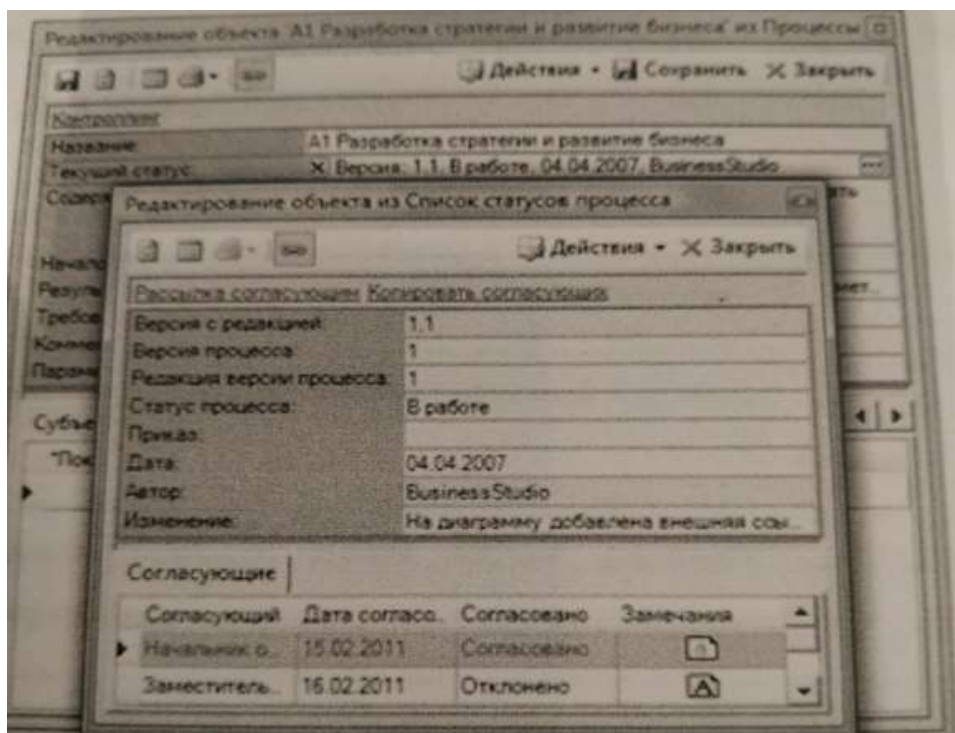


Рисунок 7 – Окно редактирования текущего статуса

В таблице 1 перечислены основные параметры, которые заполняются в окне редактирования текущего статуса.

Таблица 1 – Свойства текущего статуса

Параметр	Назначение
Версия с редакцией	Версия с редакцией. Рассчитываемый параметр.
Версия процесса	Версия процесса. Новая версия процесса проходит процедуру утверждения.
Редакция версии процесса	Редакция версии процесса. Новая редакция может проходить лишь процедуру согласования.
Статус процесса	Статус процесса: в работе. Проект. Рекомендован Опубликован, Архивирован. Процессы со статусом «Опубликован» запрещено редактировать. Для редактирования таких процессов сначала нужно сменить статус процесса.
Приказ	Приказ, в соответствии с которым изменен статус процесса.
Дата	Дата внесения изменения (включая изменение статуса).
Автор	Имя пользователя, редактирующего статус.
Изменение	Описание изменения, которое внесено в процесс.
Согласующие	Лица, согласующие изменения процесса. Если согласующие лица были ранее определены для другого статуса данного процесса, то их перечень можно скопировать на закладку «Согласующие» при помощи гиперссылки «Копировать согласующих».

Определение требований к результатам процесса. В справочнике имеется возможность изменять свойства элемента справочника «Требования». В таблице 2 перечислены основные параметры, которые заполняются в свойствах элемента «Требования».

Таблица 2 – Свойства требования

Параметр	Назначение
Название	Содержание требования
Тип требования	По умолчанию создание следующие типы: • Безопасность; • Законодательство; • Качество; • Количество; • Своевременность; • Цена; • Эффективность; Пользователь может сам расширить список.
Нормативно-справочные документы	Документы, в которых описано требование.

В системе Business Studio есть возможность проектирования системы показателей. Указав связь целей с необходимыми показателями производится измерение их достижений при помощи установленной стратегической карты или установленных заранее параметров. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В.

Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes.

– 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

МЕТОД ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ: TENSORFLOW И PYTORCH

М.С.Землянухин¹, Е.В. Шмаков¹, Д.В. Арапов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются различные методы обработки больших данных с использованием технологий машинного обучения: TensorFlow и PyTorch. Описывается история создания фреймворков, а также их технология.

Ключевые слова: фреймворк, технологии, машинное обучение, TensorFlow и PyTorch, методы обработки, данные.

A METHOD FOR PROCESSING BIG DATA USING MACHINE LEARNING TECHNOLOGIES: TENSORFLOW AND PYTORCH

M.S. Zemlyanukhin¹, E.V. Shmakov¹, D.V. Arapov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article discusses various methods of processing big data using machine learning technologies: TensorFlow and PyTorch. It describes the history of the creation of frameworks, as well as their technology.

Keywords: framework, technology, machine learning, TensorFlow and PyTorch, processing methods, data.

В современную эпоху «Big Data» методы анализа кардинально изменились с приходом инновационного машинного обучения. Интернет-магазины, социальные сети, новостные издания, видео-хостинги широко используют машины, для выполнения рутинных задач, которые они выполняют быстрее и точнее человека. На лету делая контент в интернете персонализированным. Так же машинное обучение стало востребовано в сфере прогнозирования, от анализа тенденций рынка до погодных условий. Так же сферы где критически важно быстро и

как можно точно предугадать результат или пути действия, например: в бизнесе, финансах, медицине и других сферах.

Без машинного обучения, развитие новых, опытных технологий стало бы проблематично. Автономные автомобили, голосовые ассистенты (Алиса, Siri, Alexa), переводчики и системы компьютерного зрения, не могли бы так стремительно развиваться без машинного обучения. Ученым всего мира так же на помощь пришло машинное обучение, где требуется анализ огромных массивов данных, в научных исследованиях генетики, физике частиц и астрономии.

Таким образом, машинное обучение становится важным инструментом для все больших сфер, как в медиа-контенте или бизнесе так, и в науке. Для обучения самого машинных алгоритмов, используются разные технологии, рассмотрим на примере TensorFlow и PyTorch.

Одним из самых мощных фреймворков для машинного обучения является TensorFlow, разработанный в Google Brain в 2015 году. Популярным он стал только через несколько лет, так как Google использовала свой фреймворк только для внутренних задач и исследований. Предшественником TensorFlow была библиотека DisBelief, главным минусом которой был ограниченный спектр и размер исследований.

Первая версия TensorFlow требовала большое количество ресурсов для разработки из-за использования концепции графа вычислений и имела статическую компиляцию. TensorFlow 2.x, следующая версия фреймворка заметно изменилась и пошла по пути упрощения и популяризации, за счет добавления динамических графов и изменения API на Keras, который относился к стандарту нового уровня. XLA (Accelerated Linear Algebra) получила интеграцию в TensorFlow 2.x, что привело к значительному повышению производительности на GPU и CPU. Своеобразным бонусом стала возможность подключения тензорных процессоров (TPU), специально разработанных для работы с обучающимися машинами.

Вышеперечисленные улучшения сыграли на руку Google, фреймворк стал более доступным для разработчиков, и позволил разрабатывать более гибкие модели, что в свою очередь позволило ему выйти на мировой рынок ПО, для машинного обучения и занять лидирующие позиции.

TensorFlow отлично подходит для обработки больших массивов данных, позволяя пользователям эффективно решать поставленные задачи. Анализ текстов и изображений для рядовых пользователей и создания пользовательского контента, до прогнозирования временных рядов и позиций отдельных атомов в

химических реакциях для научных деятелей. Мощность, гибкость и развитая экосистема, то, что делает TensorFlow одним из лидеров в машинном обучении. Однако некоторые особенности TensorFlow требуют качественной подготовки данных, гиперпараметров и правильного выбора модели.

PyTorch созданная компанией Facebook в октябре 2016 году, ныне Meta (организация Meta, признана экстремистской и запрещена на территории РФ). Является приемником библиотеки Torch. В свою очередь Torch была написана на языке Lua, но не получила должного распространения среди разработчиков. Поэтому компания, для своей будущей библиотеке, выбрала развивающийся и уже на тот момент популярный язык Python. На момент «релизной» версии, уже поддерживала интуитивно понятный пользователю API и имела интеграцию с видеоадаптерами, имеющими ядра Nvidia CUDA. Благодаря этому решению, PyTorch имеет обширную документацию и активное сообщество, что помогает начинающим разработчикам. Так же PyTorch имеет несколько особенностей в поддержке передовых технологий:

- ONNX (Open Neural Network Exchange) – эта технология позволяет переносить созданную модель в PyTorch на базу других фреймворков.
- TorchScript – технология позволяющая переносить готовые модели на различные платформы.
- Quantization – оптимизирует готовую модель для работы на устройствах, использующие ограниченные устройства, такие как: мобильные телефоны или носимые электронные аксессуары.

Среди фреймворков для машинного обучения, PyTorch заняла лидирующие позиции, благодаря своей простоте, гибкости и высокому уровню производительности. Богатая экосистема, обширная документация и динамический подход к графам сделали его отличным выбором как для новичков, так и для исследователей, а также для промышленного применения. С 2016 года PyTorch не прекращал развиваться, и до сих пор получает самые актуальные обновления в сфере машинного обучения, учитывая современные тенденции и пожелания пользователей.

Несмотря на схожесть описанных выше фреймворков, они имеют свои особенности. TensorFlow – достаточно требователен к программистам, так как в основном использует сложный и громоздкий язык программирования C++, но в замен, позволяет лучше интегрировать код и используемое «железо». Так же он идеально подходит для промышленных решений и больших проектов. PyTorch отнюдь, использует простой и автоматизированный Python, нетребовательный к

знаниям программиста. Он идеально подходит для исследований и научных вычислений. В современной практике, компании не ограничиваются одним фреймворком, в зависимости от задач, подбирают более подходящий для ее выполнения.

Список литературы

1. Вагапов, А. И. Применение машинного обучения для анализа состояния изоляторов с помощью библиотеки глубокого обучения Pytorch / А. И. Вагапов, С. Ю. Маслов // Тинчуринские чтения – 2024 "Энергетика и цифровая трансформация" : Международная молодежная научная конференция. В четырех томах, Казань, 24–26 апреля 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 149-152. – EDN FFPINW.
2. Цзян, С. Распознавание изображений из мультфильмов на основе технологии глубокого обучения tensorflow / С. Цзян, Я. Яо, Ц. Шэнь // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 1. – С. 146-148. – DOI 10.37882/2223-2966.2024.01.38. – EDN ARFQUY.
3. Faturrachman, M. Sistem pendeteksi penyakit pada daun tanaman singkong menggunakan Deep Learning dan Tensorflow berbasis Android / M. Faturrachman, I. Yustiana, S. // IJIS – Indonesian Journal On Information System. – 2022. – Vol. 7, No. 2. – P. 176. – DOI 10.36549/ijis.v7i2.225. – EDN TTQZAV.
4. Прохоров, А. В. Классификация текста с использованием tensorflow.js / А. В. Прохоров // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2021. – № 8. – С. 109-116. – DOI 10.37882/2223-2966.2021.08.28. – EDN PBGLFF.
5. Мочалов, В. П. Алгоритм динамического распределения и балансировки нагрузки в распределенных облачных вычислениях / В. П. Мочалов, Н. Ю. Братченко, Д. В. Гостева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYU.
6. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO

References

1. Vagapov, A. I. Application of Machine Learning to Analyze the State of Insulators Using the Pytorch Deep Learning Library / A. I. Vagapov, S. Yu. Maslov // Tinchurin Readings – 2024 "Power Engineering and Digital Transformation": International Youth Scientific Conference. In four volumes, Kazan, April 24-26, 2024. – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2024. – Pp. 149-152. – EDN FFPINW.
2. Jiang, S. Image Recognition from Cartoons Based on TensorFlow Deep Learning Technology / S. Jiang, Ya. Yao, Q. Shen // Modern Science: Current Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences. – 2024. – No. 1. – Pp. 146-148. – DOI 10.37882/2223-2966.2024.01.38. – EDN ARFQUY.
3. Faturrachman, M. A system for learning how to use Deep Learning in Tensorflow on Android / M. Faturrachman, I. Yustiana, S. // IJIS – Indonesian Journal On Information System. – 2022. – Vol. 7, No. 2. – P. 176. – DOI 10.36549/ijis.v7i2.225. – EDN TTQZAV.
4. Prokhorov, A. V. Text classification using tensorflow.js / A. V. Prokhorov // Modern science: current problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences. – 2021. – No. 8. – P. 109-116. – DOI 10.37882/2223-2966.2021.08.28. – EDN PBGLFF.
5. Mochalov, V. P. Algorithm of dynamic distribution and load balancing in distributed network computing / V. P. Mochalov, N. Y. Bratchenko, D. V. Gosteva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYM.
6. Increasing the formalization of the tasks of verification of technology and electrical circuits for automated design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu. A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C# И ФРЕЙМВОРКА ASP.NET ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАРКЕТПЛЕЙСА С МОДУЛЕМ АНАЛИТИКИ

Е.А. Злобин¹, А.С. Кравченко¹, А.В. Петрова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности и преимущества использования языка программирования C# и фреймворка ASP.NET при разработке маркетплейсов с интегрированными аналитическими модулями. Современные бизнес-процессы и требования к информационным системам диктуют необходимость создания масштабируемых, надежных и безопасных решений, способных обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. C# и ASP.NET представляют собой мощный инструментарий для реализации таких систем. В работе анализируются ключевые преимущества применения данных технологий, рассматриваются особенности архитектуры маркетплейса, интегрированного с аналитическим модулем, а также приводятся примеры практической реализации и сравнительный анализ с альтернативными технологиями.

Ключевые слова: C#, ASP.NET, аналитика, модуль, сайт, данные, фреймворк, производительность.

ADVANTAGES OF USING THE C# PROGRAMMING LANGUAGE AND FRAMEWORK ASP.NET TO DEVELOP A MARKETPLACE WITH AN ANALYTICS MODULE

E.A. Zlobin¹, A.S. Kravchenko¹, A.V. Petrova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article discusses the features and benefits of using the C# programming language and framework. ASP.NET when developing marketplaces with integrated analytical modules. Modern business processes and information system requirements dictate the need to create scalable, reliable and secure solutions capable of processing large amounts of data in real time. C# and ASP.NET They represent a powerful toolkit for implementing such systems. The paper analyzes the

key advantages of using these technologies, examines the architecture features of the marketplace integrated with the analytical module, and provides examples of practical implementation and comparative analysis with alternative technologies.

Keywords: C#, ASP.NET, analytics, module, website, data, framework, performance.

Введение

Современная цифровая экономика характеризуется бурным ростом электронной коммерции и онлайн-рынков, что влечет за собой появление новых бизнес-моделей и подходов к разработке информационных систем. Маркетплейс, как платформа для взаимодействия продавцов и покупателей, требует высокой производительности, масштабируемости, безопасности и гибкости. Помимо традиционных функций электронной коммерции, современных маркетплейсов отличает наличие модулей аналитики, позволяющих оперативно анализировать пользовательское поведение, оценивать эффективность рекламных кампаний, прогнозировать спрос и оптимизировать бизнес-процессы.

Язык программирования C# и платформа ASP.NET зарекомендовали себя как надежные инструменты для разработки корпоративных приложений, обладающих высокой степенью масштабируемости и производительности. Современная реализация ASP.NET Core предоставляет возможность создания кроссплатформенных решений, что является особенно важным в условиях глобализации ИТ-инфраструктуры и растущих требований к гибкости развертывания приложений. В данной статье будут подробно рассмотрены преимущества применения C# и ASP.NET при разработке маркетплейса с модулем аналитики, а также проанализированы практические аспекты их использования.

Преимущества языка программирования C#

Одним из основных преимуществ C# является строгая типизация, которая позволяет выявлять ошибки на этапе компиляции и значительно уменьшать вероятность возникновения проблем во время выполнения программы. Это особенно важно для разработки систем, обрабатывающих большие объемы данных, где каждая ошибка может привести к критическим сбоям. Благодаря статической типизации разработчики могут создавать надежный и безопасный код, что способствует стабильной работе маркетплейса и корректной работе аналитических модулей.

Данный язык полностью поддерживает парадигму объектно-ориентированного программирования, что позволяет создавать модульные, масштабируемые и легко расширяемые приложения. Применение принципов ООП, таких как наследование, полиморфизм и инкапсуляция, способствует созданию архитектур, где отдельные компоненты системы могут быть легко заменены или доработаны без существенного влияния на общую функциональность. Это особенно актуально при разработке маркетплейсов, где интеграция новых модулей, например, аналитических, должна происходить максимально стабильно.

C# предоставляет обширный набор встроенных библиотек, которые существенно ускоряют процесс разработки. Функциональные возможности для работы с коллекциями, строками, потоками, файлами, сетью и многими другими аспектами программирования позволяют сосредоточиться на реализации бизнес-логики. Дополнительно наличие таких технологий, как LINQ (Language Integrated Query) для работы с данными, упрощает обработку и анализ больших массивов информации, что является важным для модулей аналитики маркетплейса [1].

Так же этот язык программирования постоянно развивается, внедряя современные функциональные возможности, такие как асинхронное программирование, лямбда-выражения, расширенные возможности работы с задачами и потоками. Асинхронное программирование, в частности, позволяет создавать высокопроизводительные веб-приложения, способные эффективно обрабатывать большое количество одновременных запросов, что критически важно для маркетплейсов с модулем аналитики, где нагрузка может быть очень высокой.

С выходом .NET Core и его последующих версий платформа C# стала кроссплатформенной, что позволяет разрабатывать и разворачивать приложения на различных операционных системах, включая Windows, Linux и macOS. Это дает возможность компаниям выбирать наиболее оптимальную для них инфраструктуру, а также интегрировать разработанные решения в существующие корпоративные среды [2].

Преимущества фреймворка ASP.NET

ASP.NET, особенно в реализации ASP.NET Core, демонстрирует высокую производительность при обработке HTTP-запросов. Архитектура фреймворка позволяет легко масштабировать приложения за счет поддержки микросервисной архитектуры и контейнеризации. Маркетплейсы, как правило, требуют об-

работки большого количества запросов одновременно, и высокая производительность ASP.NET обеспечивает быструю и стабильную работу даже при резких пиковых нагрузках.

Вопрос безопасности является критическим при разработке маркетплейсов, так как данные пользователей, транзакции и аналитические данные требуют надежной защиты. ASP.NET предоставляет ряд встроенных механизмов безопасности: аутентификация, авторизация, защита от межсайтовых атак (CSRF), предотвращение SQL-инъекций и XSS-атак. Кроме того, регулярные обновления и поддержка сообщества способствуют своевременному устранению обнаруженных уязвимостей [3].

Одним из ключевых преимуществ ASP.NET является его модульность. Разработчики могут использовать middleware-компоненты для обработки запросов, что позволяет легко добавлять функциональные возможности, например, логирование, кэширование или обработку ошибок. Такая гибкость важна при разработке маркетплейсов, где необходимо интегрировать разнообразные сервисы, включая аналитические модули, систему управления контентом, платежные шлюзы и другие компоненты.

ASP.NET Core поддерживает концепции RESTful API, что позволяет создавать легковесные и масштабируемые сервисы для обмена данными между фронтендом и бэкендом. Это особенно актуально для маркетплейсов, где необходимо обеспечить быструю и надежную передачу данных между клиентскими приложениями, мобильными устройствами и серверными модулями аналитики. Использование современных технологий, таких как SignalR для реализации real-time коммуникаций, делает ASP.NET мощным инструментом для создания интерактивных веб-приложений [4].

Применение технологий C# и ASP.NET в разработке маркетплейса с модулем аналитики

При разработке маркетплейса с аналитическим модулем необходимо создать гибкую и модульную архитектуру, которая позволяет легко расширять функциональность системы. Использование C# и ASP.NET способствует реализации многослойной архитектуры, где каждый слой отвечает за отдельные задачи.

Презентационный слой. Отвечает за взаимодействие с пользователем и отображение данных. В данном случае ASP.NET MVC или ASP.NET Core Razor

Pages могут быть использованы для создания динамических и отзывчивых пользовательских интерфейсов.

Логика приложения. Здесь реализуются бизнес-правила маркетплейса, а также логика обработки данных для аналитического модуля. Применение ООП в С# позволяет организовать код в виде отдельных классов и сервисов, что упрощает поддержку и тестирование.

Доступ к данным. Для работы с базами данных, будь то реляционные системы (например, SQL Server) или NoSQL-хранилища, используются ORM (Object-Relational Mapping) инструменты, такие как Entity Framework Core. Это позволяет абстрагироваться от специфики конкретной СУБД и ускоряет разработку [5].

Аналитический модуль маркетплейса требует эффективной обработки и анализа больших объемов данных, поступающих в реальном времени. Возможности языка С#, в частности поддержка LINQ и асинхронного программирования, позволяют создавать высокопроизводительные алгоритмы для агрегации, фильтрации и визуализации данных. ASP.NET Core, благодаря своей производительности и гибкости, позволяет реализовать RESTful API для передачи аналитических данных в фронтенд, где они могут быть визуализированы с использованием современных JavaScript-библиотек (например, D3.js, Chart.js) [6].

Маркетплейсы часто сталкиваются с резкими изменениями нагрузки, особенно в периоды распродаж или маркетинговых акций. Благодаря высокой производительности ASP.NET Core, приложения могут эффективно масштабироваться с помощью горизонтального и вертикального масштабирования. К примеру, контейнеризация с использованием Docker и оркестрация с Kubernetes позволяют автоматически распределять нагрузку между серверами и обеспечивать отказоустойчивость системы.

В условиях современной цифровой экономики обеспечение информационной безопасности данных пользователей и транзакций является одним из ключевых приоритетов при разработке маркетплейсов. Современные архитектурные решения в области информационных систем ориентированы на комплексную защиту, которая включает как криптографически защищённые каналы связи, так и многоуровневую систему аутентификации и авторизации. Одним из таких решений является использование платформы ASP.NET, которая изначально интегрирована с набором механизмов для противодействия типичным кибератакам, таким как межсайтовая подделка запросов (CSRF), межсайтовый скриптинг (XSS) и SQL-инъекции [7].

В дополнение к встроенным мерам защиты, современные системы безопасности активно применяют криптографические протоколы и технологии, обеспечивающие повышенную степень защиты. Так, использование протоколов OAuth и JSON Web Tokens (JWT) позволяет реализовать многофакторную аутентификацию и гарантировать строгий контроль доступа к критически важным компонентам системы. Эти методы, основанные на современных алгоритмах шифрования и цифровой подписи, способствуют не только защите конфиденциальных данных, но и обеспечивают устойчивость к эволюционирующим угрозам кибербезопасности, что особенно актуально для аналитических модулей, обрабатывающих большие массивы чувствительной информации.

Кроме того, для реализации масштабируемой и высокодоступной инфраструктуры, отвечающей требованиям современного рынка, широко применяется облачная платформа Microsoft Azure. Благодаря обширному набору сервисов, таких как Azure SQL Database, Azure Functions и Azure Storage, интеграция ASP.NET-приложений с облачной экосистемой обеспечивает динамическое масштабирование и гибкое управление данными. Облачные решения позволяют не только оптимизировать процессы разработки и развертывания, но и интегрировать передовые инструменты для мониторинга, логирования и анализа данных, что является залогом оперативного принятия решений в режиме реального времени [8].

Современные архитектурные подходы, основанные на принципах микросервисной архитектуры и контейнеризации, способствуют созданию распределённых систем, обладающих высокой устойчивостью к отказам и способных эффективно обрабатывать потоки данных с использованием технологий машинного обучения и аналитики больших данных. Такой интегрированный подход позволяет осуществлять глубокий анализ транзакционных потоков и пользовательского поведения, что, в свою очередь, способствует выработке обоснованных управленческих решений на основе объективных статистических данных и прогнозных моделей [9].

Заключение

Язык программирования C#, в синергии с фреймворком ASP.NET, представляет собой интегрированную технологическую платформу, обладающую высокоразвитыми функциональными возможностями, что позволяет создавать современные маркетплейсы, оснащённые комплексными аналитическими моду-

лями. Наличие строгой статической типизации, применение объектно-ориентированных парадигм, а также богатейшая экосистема библиотек и инструментальных средств, дополненные передовыми методами асинхронной обработки, определяют C# как оптимальный инструмент для разработки надёжных, масштабируемых и высокопроизводительных бизнес-приложений.

Фреймворк ASP.NET, в свою очередь, обеспечивает не только высокую вычислительную эффективность и гибкость архитектурных решений, но и внедряет встроенные механизмы информационной безопасности, что имеет первостепенное значение для систем, эксплуатируемых в условиях значительных нагрузок и обработки обширных массивов данных. Данная технологическая база способствует формированию модульных решений, отличающихся лёгкостью масштабирования и интеграции аналитических компонентов, предназначенных для комплексной обработки и визуализации больших объёмов информации.

В условиях динамичного развития электронной коммерции и возрастающей потребности в оперативном принятии решений, основанных на глубоких аналитических исследованиях, применение технологий C# и ASP.NET приобретает стратегическую актуальность. Инвестиции в данный технологический стек позволяют организациям получать значительное конкурентное преимущество за счёт повышения надёжности, гибкости и адаптивности информационных систем. Перспективы интеграции облачных вычислительных сервисов, микросервисной архитектуры и алгоритмов машинного обучения открывают дополнительные возможности для эволюции маркетплейсов и оптимизации бизнес-процессов.

Таким образом, преимущества использования языка программирования C# и фреймворка ASP.NET очевидны как с теоретической, так и с практической точек зрения. Применение этих технологий позволяет разрабатывать информационные системы, способные не только удовлетворять современные требования бизнеса, но и динамично адаптироваться к будущим вызовам, сохраняя высокие показатели гибкости, надёжности и масштабируемости.

Список литературы

1. Аксютин, Е.М. Использование облачных технологий для обработки больших данных / Е.М. Аксютин, Ю.С. Белов // Московский экономический журнал. – 2020. – №6. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=wpncrz> (дата обращения: 08.02.2025).
2. Клеппман, М. Высоконагруженные приложения. Программирование, масштабирование, поддержка / М. Клеппман. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с.

3. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
4. Аудит информационной безопасности // Астрал Безопасность. – URL: <https://is.astral.ru/services/zashchita-informatsii/audit-informatsionnoy-bezopasnosti/>. (дата обращения: 08.02.2025).
5. Киреева, К.А Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ / К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов // Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т. 16, №3. – С. 42-54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54.
6. Классификация последствий воздействия ИИ КП на РЭА / А.Е. Козюков, П.А. Чубунов, К.В. Зольников [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 3. – С. 22-28. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-3-22-28.
7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.
8. Зольников, В.К. Моделирование и анализ производительности алгоритмов балансировки нагрузки облачных вычислений / В.К. Зольников, О.В. Оксюта, Н.Ф. Даюб // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, №1. – С. 32-39.
9. Высоцкая, И. А. Обоснование методов поиска принципов действия сложных технических систем и объектов / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.
10. Ягодкин А.С., Зольников В.К., Скворцова Т.В., Ачкасов А.В., Кузнецов С.А., Макаренко Ф.В. Разработка алгоритмов и программ анализа электрических характеристик БИС // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 136-148.
11. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

References

1. Aksyutina, E.M. The use of cloud technologies for big data processing / E.M. Aksyutina, Y.S. Belov // Moscow Economic Journal. – 2020. – No.6. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=wpncrz> (date of application: 02/08/2025).

2. Clement, M. Highly loaded applications. Programming, scaling, support / M. Clement. – St. Petersburg: Peter, 2018. – 640 p.
3. Tanenbaum, E. Distributed systems. Principles and paradigms / E. Tanenbaum, M. van Steen ; – St. Petersburg: Peter, 2003. – 877 p.
4. Information security audit // Astral Security. – URL: <https://is.astral.ru/services/zashchita-informatsii/audit-informatsionnoy-bezopasnosti/>. (date of application: 02/08/2025).
5. Kireeva, K.A. Development of an artificial neural network for ECG classification / K.A. Kireeva, L.A. Korobova, D.V. Arapov // Modeling of systems and processes. – 2023. – Vol. 16, No.3. – pp. 42-54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54.
6. Classification of the effects of AI KP on REA / A.E. Kozyukov, P.A. Chugunov, K.V. Zolnikov [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 3. – pp. 22-28. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-3-22-28.
7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. – 2022. – vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.
8. Zolnikov, V.K. Modeling and performance analysis of cloud computing load balancing algorithms / V.K. Zolnikov, O.V. Oxyuta, N.F. Dayub // Modeling of systems and processes. – 2020. – vol. 13, No. 1. – pp. 32-39.
9. Vysotskaya, I. A. Substantiation of methods for searching for principles of operation of complex technical systems and objects / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.
10. Yagodkin A.S., Zolnikov V.K., Skvortsova T.V., Achkasov A.V., Kuznetsov S.A., Makarenko Ph.V. Development of algorithms and programs for analyzing electrical characteristics of BIS // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 136-148.
11. Poluektov, A.V. Modeling of the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕНСИВНОСТИ НАГРУЗКИ СЕГМЕНТОВ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Н.И. Золотухина¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, А.М. Плотников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследований моделирования распределения канального ресурса в корпоративных сетях связи. Приведены схема организации связи и топологическая схема узловых районов. С помощью рассмотренного расчета определен доступный канальный ресурс альтернативных маршрутов планируемой сети связи. Результаты исследований рекомендовано применять для минимизирования блокировки, задержки и потери в сетях за счет пропорционального распределения входящего трафика по совокупности направлений.

Ключевые слова: имитационные модели, корпоративные сети связи, коммутационная система, трафик, схема организации связи.

SIMULATION OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF SEGMENT LOAD INTENSITY IN CORPORATE COMMUNICATION NETWORKS

N.I. Zolotukhina¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, A.M. Plotnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the results of modeling the distribution of channel resources in corporate communication networks. The scheme of communication organization and the topological scheme of nodal areas are given. Using the considered calculation, the available channel resource of alternative routes of the planned communication network is determined. It is recommended to apply the research results to minimize blocking, delays and losses in networks due to the proportional distribution of incoming traffic in a set of directions.

Key words: simulation models, corporate communication networks, switching system, traffic, communication scheme.

Произведем расчет параметров нагрузки, поступающей на вход коммутационной системы (КС) корпоративных сетей связи (КСС). Схема организации связи является вымышленной, однако построена на основе реальной структуры сети передачи данных (рисунок 1).

Рассчитав аналогичным образом параметры интенсивности нагрузки для всех узлов рассматриваемой КСС, а также с учетом результатов, полученных посредством применения симулятора системы передачи данных (СПД) «NetCracker Professional», составим матрицу потоков нагрузки (таблица 1).

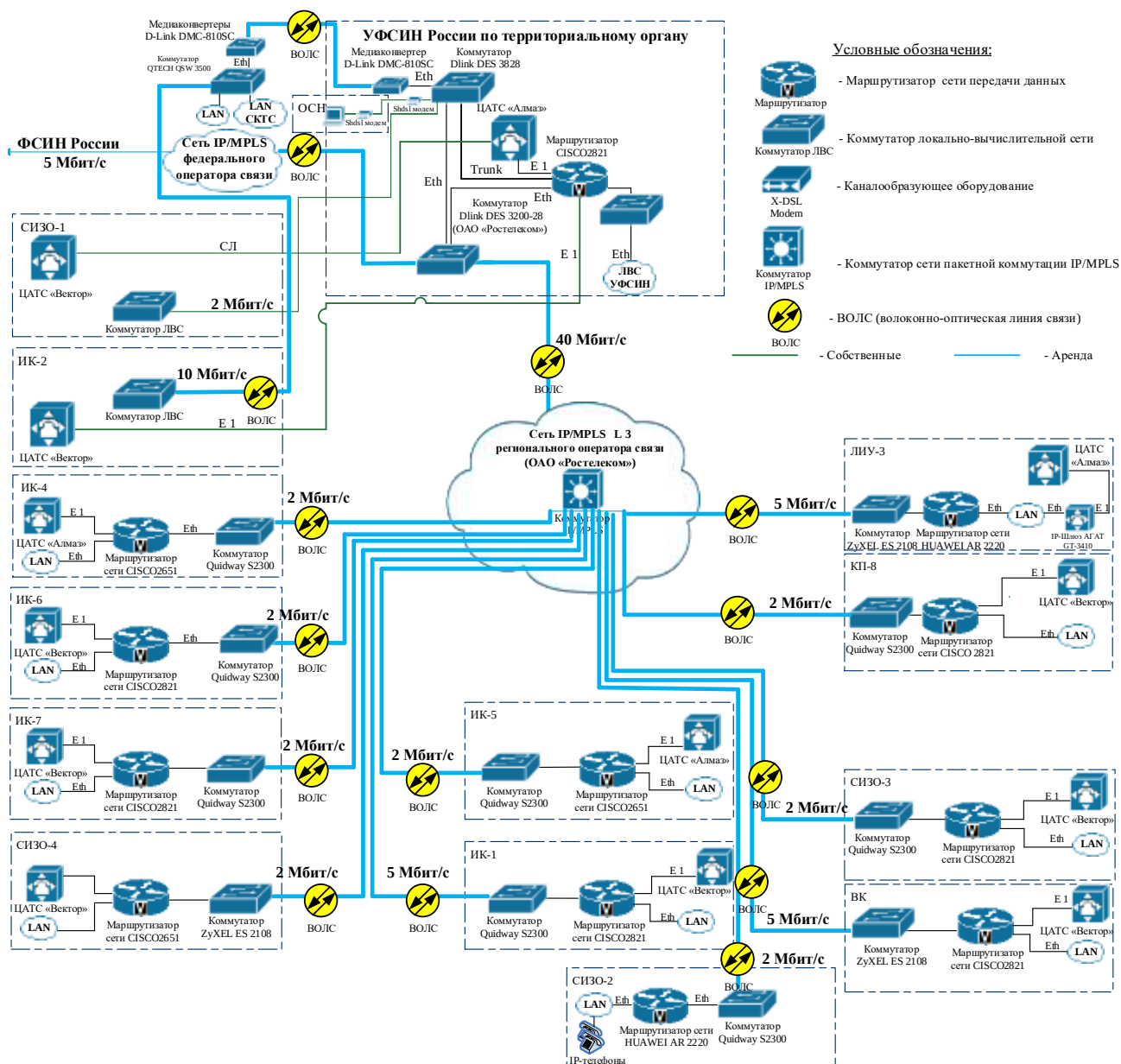


Рисунок 1 – Структурная схема корпоративной сети связи

С целью параметрической оценки планируемой наложенной балансировочной сети (НБС) КСС введем совокупность, так называемых, узловых районов

СПД – транзитных узлов сети для организации альтернативной маршрутизации в НБС (рисунок 2).

Рассчитаем нагрузку «у» на узловые АТС узловых районов №№ 2, 3, 4, 5. Узловая станция 1-го узлового района – сегмента №1 КСС; 2-го узлового района – ЦАТС сегмента №6 КСС; 3-го узлового района – ЦАТС сегмента №2 КСС; 4-го узлового района – ЦАТС сегмента №12 КСС; 5-го узлового района – ЦАТС сегмента №7 КСС. Для расчета потребуется суммировать элементы матрицы потоков нагрузки, приходящейся на узловую АТС. Такими элементами станут строки и столбцы матрицы, соответствующие АТС, входящим в узловой район.

Таблица 1 – Матрица потоков нагрузки КСС

Сегменты КСС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,7	1,2	0,2	1,5	1,1	0,1	0,4	1,3	0,6	0,9	0,2	0,3	0,5	1,6
2	1,1	0,2	0,8	1	0,1	1,2	0,3	1	0,5	1	0,4	0,2	0,6	1,2
3	0,2	0,6	0,5	0,9	1	0,3	0,1	0,4	0,8	1,2	0,7	0,5	0,1	0,8
4	0,4	1	0,3	0,8	0,6	0,1	0,5	0,9	1,1	0,1	0,7	0,4	0,2	1
5	0,2	0,8	0,5	0,1	0,3	0,7	0,4	1	0,2	0,6	0,1	0,9	0,3	1,5
6	0,7	1,6	0,5	1,2	1	0,8	1,1	0,6	1,1	1,3	0,7	0,6	1,4	0,7
7	0,4	0,2	0,5	0,7	0,3	0,9	0,5	0,1	0,8	0,1	0,7	0,2	0,9	0,9
8	0,8	0,4	0,1	0,3	1	0,6	0,5	0,9	1,2	0,2	0,1	0,4	0,5	1,4
9	1,2	0,3	0,1	0,6	0,4	0,2	0,5	0,6	0,4	0,5	0,7	0,3	0,1	0,6
10	0,8	0,2	0,5	0,1	0,3	0,9	1	0,4	0,3	0,1	0,8	0,6	0,2	1,1
11	0,3	0,7	0,2	0,6	0,4	0,3	0,6	0,1	0,7	0,2	0,4	0,1	0,5	0,8
12	1,1	0,1	0,5	0,4	0,2	0,7	0,1	0,6	1,1	0,5	0,2	0,1	0,9	1,1
13	0,3	0,7	0,2	1,2	0,1	0,4	0,2	0,6	0,1	0,4	1,1	0,5	0,3	1,3
14	0,5	0,1	0,7	0,4	0,6	0,1	1,2	0,2	0,9	0,6	0,1	1	0,4	1,1

Для узловой АТС района №2 (сегмент №7 КСС) получим $y_2 = 44,8$ Эрл. Для расчета данной нагрузки были просуммированы элементы матрицы потоков нагрузки: строки и столбцы №7 (сегмент №7 КСС) и №14 (сегмент №14 КСС) за исключением внутренних нагрузок, рассмотренных АТС.

Исходя из параметров цифрового потока, строят график зависимости $F(v)$ для рассчитанного ранее значения интенсивности нагрузки сегмента сети в соответствии с формулой Эрланга (1).

$$F(v) = E_v(y) = \frac{y^v / v!}{\sum_{j=0}^v (y^j / j!)} \quad (1)$$

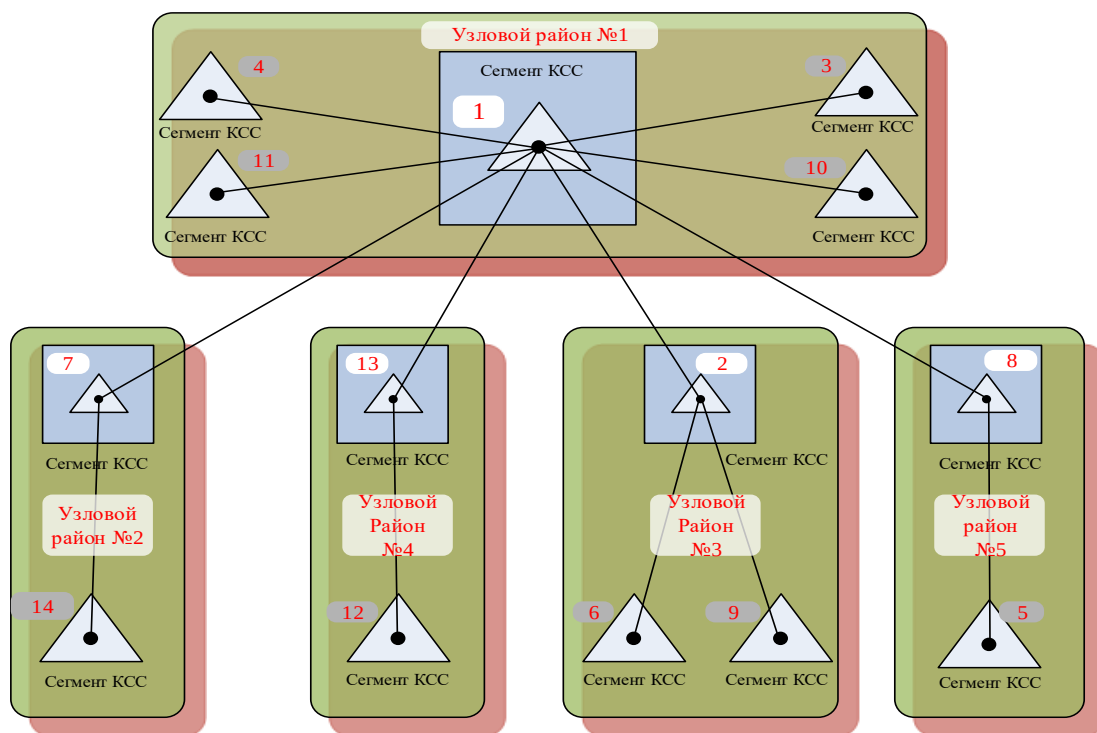


Рисунок 2 – Топологическая схема узловых районов НБС КСС

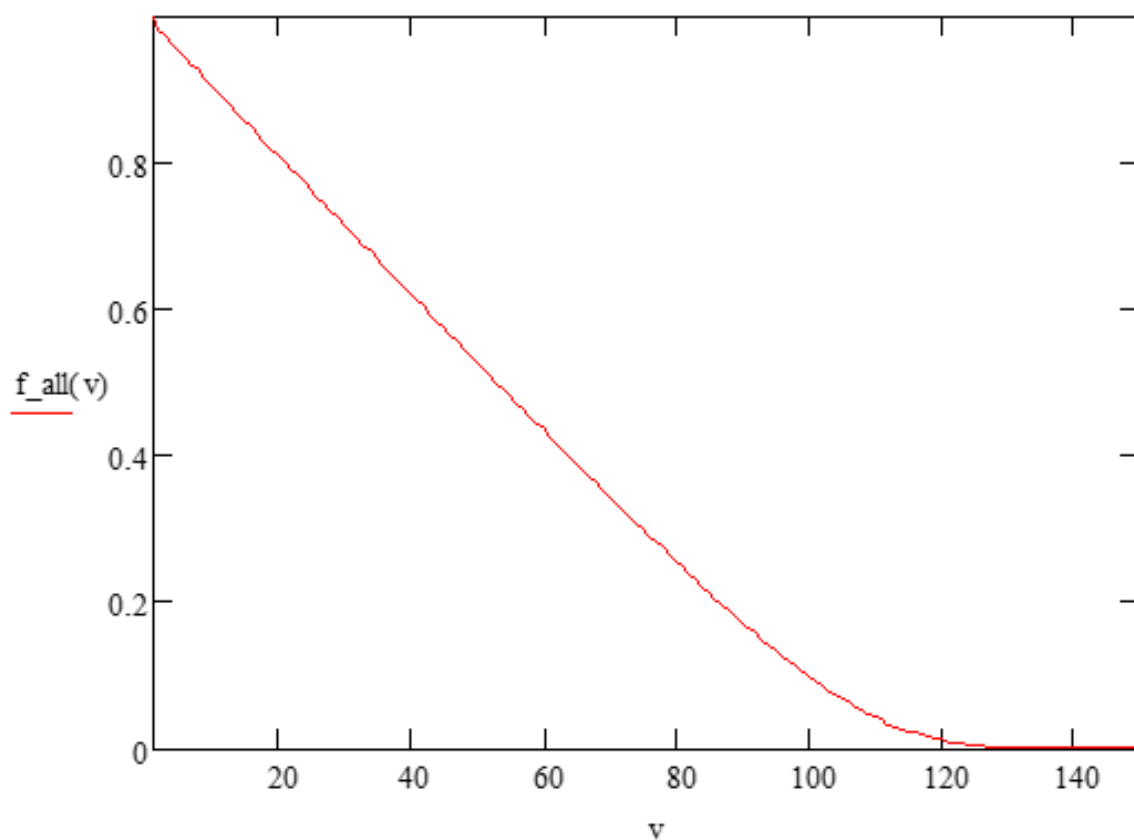


Рисунок 3 – График зависимости вероятности потерь от количества одновременно устанавливаемых соединений при $y_1 = 103,9$ Эрл

В соответствии с формулой Эрланга (1) рассмотрим зависимость вероятности потерь от количества каналов связи v при условии, что $y = \text{const}$.

Рассчитаем суммарную нагрузку на узловую АТС узлового района №1 – сегмент №1 КСС (2).

Она формируется путем суммирования всех элементов матрицы потоков нагрузки, за исключением нагрузки внутри узловых районов (рисунок 3).

$$y_1 = 117,3 - (3,7 + 5,2 + 2,2 + 2,3) = 103,9 \text{ (Эрл)}. \quad (2)$$

$$F(121) = 9,97 \times 10^{-3}, \quad F(125) = 4,86 \times 10^{-3}.$$

При 121 одновременно устанавливаемом соединении, величина $F(v)$ не превышает своего порогового значения, следовательно, обеспечивается дисциплина обслуживания без потерь.

Рассчитаем суммарную скорость цифрового потока (V): $V(121) = 7744$ кбит/с, $V(125) = 8000$ кбит/с. Полученные значения не превышают общей пропускной способности цифрового потока передачи данных Е2 (8448 кбит/с).

Представленный расчет позволил определить доступный каналный ресурс альтернативных маршрутов планируемой НБС КСС, что позволяет в конечном итоге посредством изменения плана маршрутизации каналобразующей аппаратуры добиться оптимальной загрузки имеющихся каналов связи с дисциплиной обслуживания без потерь.

Реализация указанных мероприятий позволит минимизировать блокировки, задержки и потери в сетях, пропорционально распределив входящий трафик по совокупности направлений. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFNH.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А.

И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

17. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

17. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

СОСТОЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ТРАФИКА В СОВРЕМЕННЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

Н.И. Золотухина¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, И.В. Скоркин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается состояние пользовательского трафика в современных корпоративных сетях связи. Показано, что корпоративные сети связи должны обеспечивать надежную, своевременную и качественную передачу всех видов информации в интересах пользователей. Рассмотрен суммарный объем трафика глобальной сети, который характеризуется значительным ростом, описываемым функцией экспоненты. По прогнозам специалистов, состав сетевого трафика будет претерпевать определенные изменения, что показано графически. Показано так же, что нестационарность интенсивности нагрузки обуславливает прогнозируемый рост интенсивности трафика в часы наибольшей нагрузки относительно среднего её значения.

Ключевые слова: пользовательский трафик, корпоративные сети связи, имитационные модели, объем трафика, среднее значение нагрузки на сеть.

THE STATE OF USER TRAFFIC IN MODERN CORPORATE COMMUNICATIONS NETWORKS

N.I. Zolotukhina¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, I.V. Skorkin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article examines the state of user traffic in modern corporate communication networks. It is shown that corporate communication networks should ensure reliable, timely and high-quality transmission of all types of information in the interests of users. The total volume of global network traffic is considered, which is characterized by significant growth described by the exponent function. According to experts, the composition of network traffic will undergo certain changes, which is shown graphically. It is also shown that the unsteadiness of the load intensity causes a predicted increase in traffic intensity during the hours of maximum load relative to its average value.

Key words: user traffic, corporate communication networks, simulation models, traffic volume, average network load.

Применение имитационных моделей функционирования информационно-коммуникационных систем и сетей, а также математических моделей для оценки распределения ключевых ресурсов в информационных структурах является весьма актуальным.

С учетом полного, либо частичного отсутствия в корпоративных сетях связи (КСС) собственных линий связи, используются арендованные у провайдеров телекоммуникационных услуг связи каналы, которые характеризуются ограниченной пропускной способностью.

В этой связи IT-специалисты должны обладать компетенциями в области оптимизации распределения ограниченного канального ресурса КСС при условии сохранения качества обслуживания.

В современных условиях любая КСС представляет собой достаточно мощный механизм с хорошо развитой инфраструктурой, огромным числом учреждений и подразделений, разделенных между собой большими расстояниями. Возникает необходимость обеспечения слаженной организации управления для решения совокупности задач. Это невозможно без решения вопросов оптимизации обеспечения связи, автоматизации и защиты информации.

Сегодня КСС должна обеспечивать надежную, своевременную и качественную передачу всех видов информации в интересах пользователей. Ее организация обусловлена существующей информационной структурой, спецификой деятельности, необходимостью взаимодействия с другими КСС.

Информационная база исследования представлена источниками научной и технической литературы, учебно-методическими разработками, государственными стандартами, Интернет-ресурсами.

Методы исследования при выполнении работы использовались: методы имитационного моделирования, методы теории систем массового обслуживания и теории множеств, динамических систем, теории вероятностей и математической статистики, вычислительных экспериментов.

Переход к построению сетей связи нового поколения (NGN) утвердил для передачи данных различных типов в качестве базового принципа принцип коммутации пакетов. Развитие сетей связи влияет на объёмы трафика, а также его внутреннюю структуру.

Увеличение объёмов трафика является предпосылкой к росту нестабильности нагрузки с наличием резких непредсказуемых пиковых значениями интенсивности трафика особенно в часы наибольшей нагрузки. Причинами этого могут являться массовая активность большой совокупности пользователей, запрашивающих определенный контент, динамичное вовлечение новых пользователей в информационный обмен, новые методы коллективной коммуникации с задействованием социальных сервисов, онлайн-трансляции, прогнозируемый скачок M2M-трафика и прочее. Это указывает на новый характер потенциально опасных для сети нагрузок.

Эволюция сетей связи в современных условиях отражается на структуре и объёмах трафика. Так суммарный объем трафика глобальной сети характеризуется значительным ростом, описываемым функцией экспоненты (рисунок 1).

В этих условиях приобретает значительность нестационарность передаваемой интенсивности нагрузки. Анализ состояния сетей указывает на корреляцию между возрастом пользователей; временем суток и года; тематической аудиторией, запрашивающей и генерирующей определенный информационный контент и прочее.

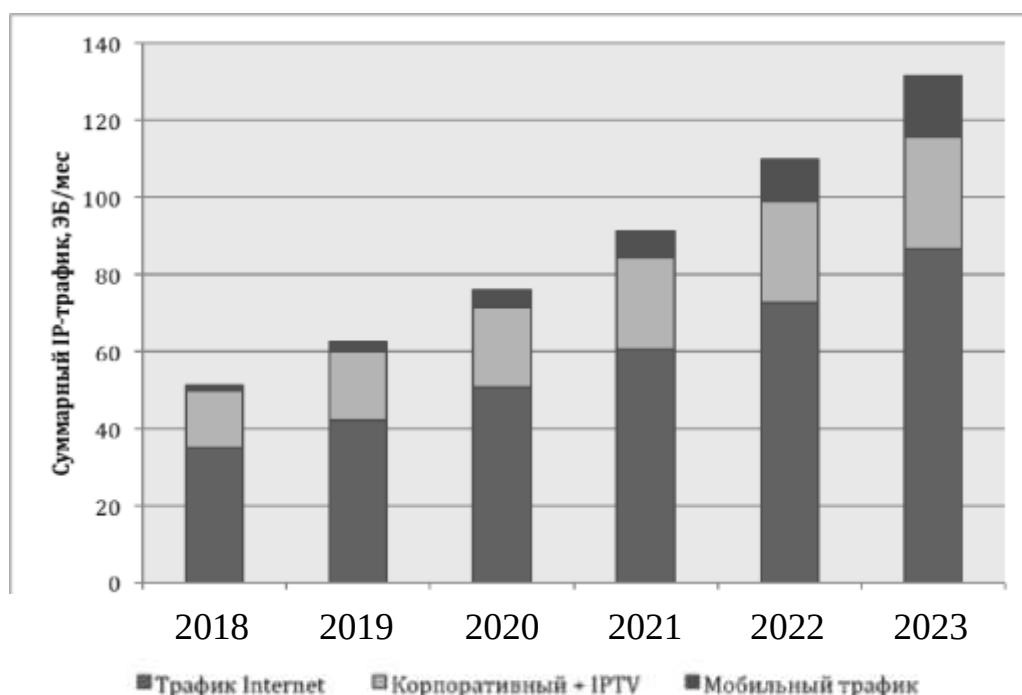


Рисунок 1 – Рост интенсивности сетевого трафика

По прогнозам специалистов, состав сетевого трафика будет претерпевать определенные изменения (рисунок 2).

Типичным примером нестационарности интенсивности нагрузки служит эффект flash-crowd, возникающий при лавинообразном обращении множества

пользователей к информационному ресурсу. Результатом этого явления служит пиковый непредсказуемый рост интенсивности нагрузки передаваемого сетевого трафика. Похожие результаты достигаются вследствие, например, обмена данными пользователей в рамках организации сеансов видеоконференцсвязи, широкого использования P2P-сервисов при большом сетевом обмене. Нестационарность интенсивности нагрузки обуславливает прогнозируемый рост интенсивности трафика в часы наибольшей нагрузки (ЧНН) относительно среднего её значения (рисунок 3).

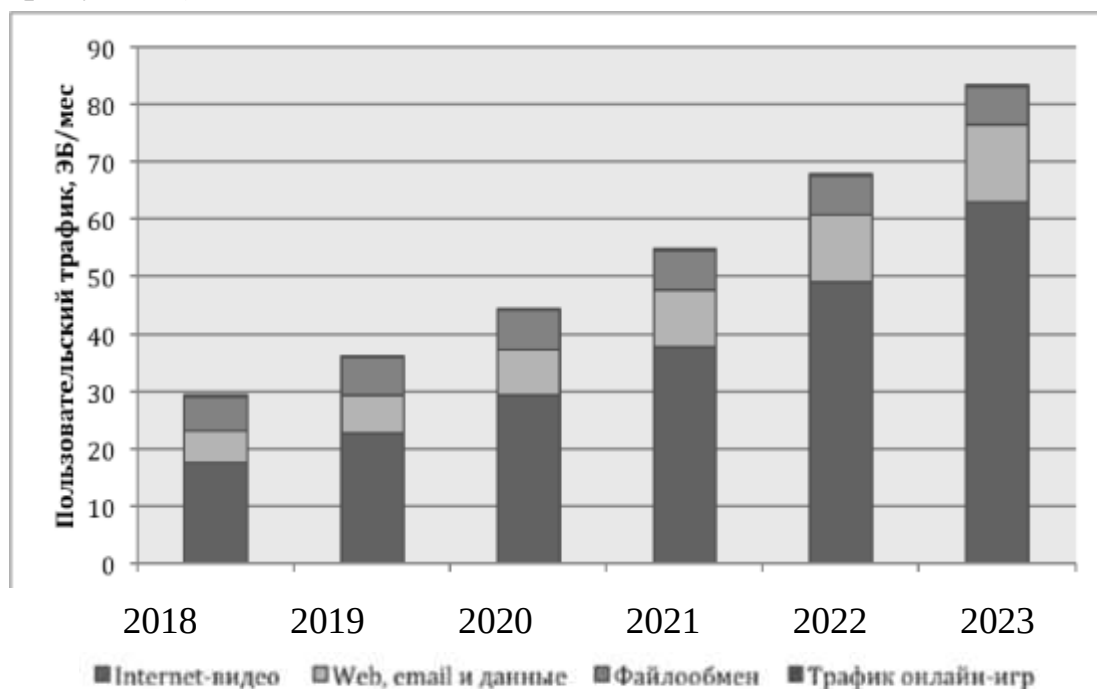


Рисунок 2 – Структура пользовательского трафика

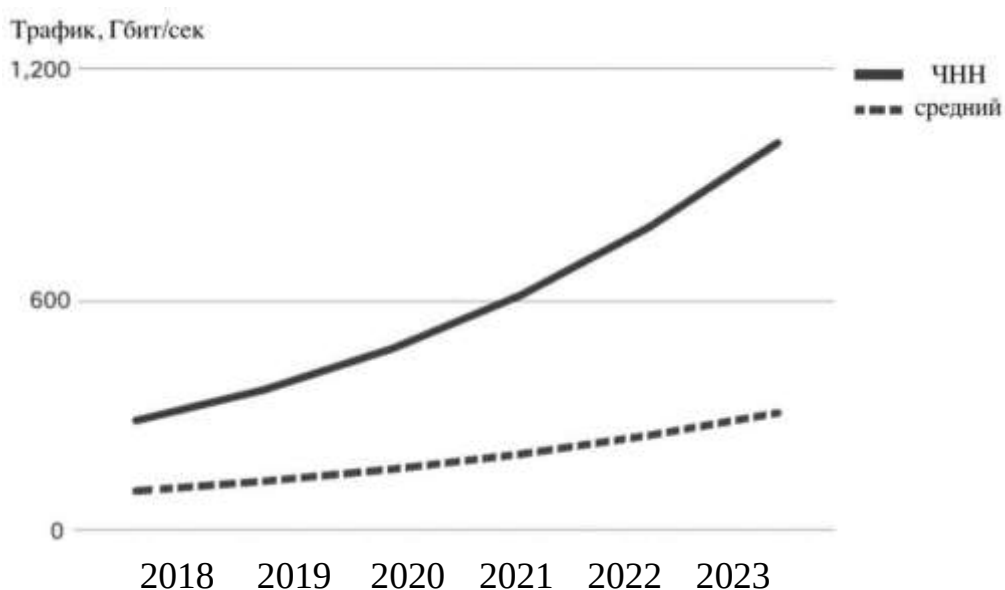


Рисунок 3 – Изменение интенсивности трафика в ЧНН

Одним из центральных вопросов, возникающих при анализе сети, является необходимая и достаточная пропускная способность. В этой связи важно учитывать, что наименее производительным сегментом в сети считалась, так называемая, «последняя миля», но с увеличением функциональных возможностей сетей возникают проблемы «узких» участков и на других уровнях. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского

государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences.

– 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ЭВОЛЮЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В FASHION-ИНДУСТРИИ

А.Л. Козолий¹, А.В. Фарисеева¹, Н.Ю. Заленская¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация: Статья исследует путь моделирования одежды начиная от ручных эскизов на бумаге и заканчивая созданием цифровых коллекций с использованием 3D-технологий и искусственного интеллекта. В статье будут рассматриваться исторические методы, такие как муляжный способ и расчётно-графические системы, а также их трансформация в эпоху цифровых технологий. Также мы рассмотрим преимущества и популярные программы и технологии используемые в этой области.

Ключевые слова: 3D-моделирование, одежда, технологии, создание, дизайнер, ИИ.

THE EVOLUTION OF MODELING IN THE FASHION INDUSTRY

A.L. Kozoliy¹, A.V. Fariseeva¹, N.Yu. Zalenskaya¹

¹Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov

Abstract: The article explores the way clothing is modeled, starting from hand sketches on paper and ending with the creation of digital collections using 3D technologies and artificial intelligence. The article will consider historical methods such as the dummy method and computational and graphical systems, as well as their transformation in the digital age. We will also look at the advantages and popular programs and technologies used in this area.

Keywords: 3D modeling, clothing, technology, creation, designer, AI

Введение

3D-моделирование одежды, представляющее собой создание трёхмерных цифровых прототипов, стало ключевым инструментом в современной fashion-индустрии, стирая границы между фантазией и реальностью. Эта технология позволяет дизайнерам не только проектировать и визуализировать концепции на ранних этапах, но и экспериментировать с виртуальными тканями, силуэтами и динамическими элементами — например, создавать платья, меняющие цвет, или обувь, адаптирующуюся к анатомии тела. Использование специализированных

программ сокращает сроки разработки коллекций, минимизирует финансовые риски за счёт уменьшения физических образцов и открывает путь к принципиально новым формам творчества — от цифровых показов в метавселенных до проектирования одежды для виртуальных персонажей. Таким образом, 3D-моделирование трансформирует не только процесс производства, но и саму философию моды, превращая её в симбиоз искусства, технологий и бесконечного эксперимента.

История развития

Самым древним способом моделирования является Муляжный метод, зародившийся в Древнем Египте и Греции. Ткань или бумагу накалывали на манекен или фигуру, формируя драпировки и силуэты. Этот метод до сих пор актуален для создания асимметричных форм и сложных драпировок, где бумага используется для экспериментов с объёмом.

В XIX веке появился первый стандартный метод, такой как клеточная система, где чертежи создавались на основе сетки. Например, лондонский закройщик создал систему «Дриттель», деля обхват груди на пропорциональные части для унификации кроя.

Бумажная революция началась в 1960-х и стала символом эпохи Пако Рабанн представшей коллекцию платьев из бумаги. Несмотря на недолговечность, это направление показало потенциал экспериментов с нетрадиционными материалами.

В 1980-х годах, с появлением первых компьютеров, начались эксперименты с автоматизацией проектирования. Программы вроде AutoCAD использовались для создания чертежей и выкроек, но их функционал был ограничен. Это был скорее цифровой аналог ручного рисования, чем полноценное 3D-моделирование. Однако уже тогда стало ясно, что технологии могут ускорить процесс разработки и снизить количество ошибок.

В 1990-х годах началось активное внедрение CAD-систем, которые стали первым шагом к 3D-моделированию. Программы вроде Gerber AccuMark позволяли создавать цифровые лекала и автоматизировать раскрой ткани. Это значительно сократило время на подготовку к производству, особенно в масс-маркете. Однако моделирование оставалось двумерным — дизайнеры работали с плоскими схемами, а не с объёмными формами.

Настоящий прорыв произошёл в 2000-х годах, когда появились первые программы для 3D-моделирования одежды. Optitex и Browzwear стали пионерами в этой области, предложив инструменты для создания виртуальных прототипов. Впервые дизайнеры смогли увидеть, как ткань драпируется на фигуре, не прибегая к физическим образцам, также началось активное использование 3D-технологий в кино и играх, что тоже повлияло на моду, так как дизайнеры вдохновлялись и экспериментировали над образами.

2020-е годы стали временем цифровой революции. Пандемия ускорила переход к виртуальным технологиям: бренды создали виртуальные коллекции и начали проводить цифровые показы, а платформы вроде Decentraland и Roblox стали новыми площадками для моды.

Программы для 3D-моделирования

1. Marvelous Designer – это одна из самых популярных программ для создания 3D-моделей одежды, позволяющая симулировать физические свойства тканей. Программа поддерживает анимацию, что делает её идеальной для виртуальных показов и примерок

2. CLO 3D является профессиональным ПО для дизайна одежды, которое предлагает широкий набор инструментов для создания реалистичных тканей и текстур. CLO 3D особенно популярен среди технических дизайнеров, так как позволяет точно моделировать посадку одежды на виртуальных манекенах.

3. Blender – это бесплатная программа с открытым исходным кодом, которая поддерживает 3D-моделирование, анимацию и текстурирование. Blender активно используется для создания сложных моделей и интеграции с другими программами.

Преимущества 3D-моделирования в fashion-индустрии

3D-моделирование одежды перестало быть экспериментальной технологией — сегодня это фундамент современного дизайна, который перестраивает всю цепочку создания моды. Вот ключевые моменты, где современные технологии поменяли мир моды в лучшую сторону:

1. Ручное создание выкроек и физических образцов часто занимает недели, но 3D-моделирование сокращает этот процесс на 40–60% обеспечивая высокую скорость работы. Так же дизайнеры могут мгновенно менять крой, цвет или текстуру, тестируя десятки вариантов за часы, что влияет на гибкость работы.

2. Один цифровой прототип заменяет 5–10 физических образцов, сокращая расход ткани на 30% и уменьшая углеродный след от транспортировки пробных партий.

3. Благодаря симуляции физических свойств материалов — от растяжения трикотажа до жесткости кожи — позволяет предсказать, как изделие поведет себя в реальности, минимизировать количество ошибок и повысить точность.

4. Дизайнеры могут творить и экспериментировать без границ: создавать платья, которые меняют узоры под музыку, или кроссовки, адаптирующиеся к форме стопы.

5. Технологии 3D-сканирования и виртуальной примерки позволяют проектировать одежду под индивидуальные параметры.

6. 3D-файлы стали универсальным языком для дизайнеров, технологов и производителей. Фабрики в разных странах получают доступ к цифровым лекалам в режиме реального времени, что ускоряет коммуникацию и снижает риски недопонимания.

7. Тестирование спроса и снижение рисков. Запуск виртуальных коллекций в соцсетях или метавселенных помогает брендам оценить интерес, снизить риски до начала производства и протестировать спрос аудитории.

Будущее моделирования в fashion-индустрии

Будущее моделирования в индустрии моды — это гармоничное сочетание инноваций, творчества и заботы о планете. Цифровые решения не только оптимизируют производство, но и расширят границы доступности, сделав моду более адаптивной и экологичной. Одежда будущего будет существовать в двух измерениях: физическом и цифровом — от гардероба до блокчейн-платформ, где виртуальные вещи станут частью повседневности. Однако главным условием прогресса останется равновесие: даже в мире алгоритмов уникальный замысел дизайнера не потеряет своей ценности. 3D-моделирование превратится в основной язык дизайна. Программы объединятся с ИИ, автоматизируя рутинные задачи — от построения выкроек до тестирования посадки на аватарах. Искусственный интеллект, анализируя запросы аудитории и глобальные тренды, будет предлагать готовые концепции, освобождая время дизайнеров для экспериментов. Виртуальные коллекции станут новой реальностью: их можно будет «примерять» в метавселенных, а цифровые двойники реальных вещей — использовать для онлайн-показов, что сократит потребность в физических образцах и откроет путь к устойчивой моде.

Заключение

Моделирование в fashion-индустрии прошло путь от бумажных эскизов и ручных выкроек до цифровых вселенных, где одежда рождается в виртуальном пространстве. Это не просто технический прогресс — это трансформация самой философии моды. Технологии, такие как 3D-моделирование, искусственный интеллект и метавселенные, переопределили процесс создания одежды, сделав его быстрее, экологичнее и инклюзивнее.

Цифровые инструменты позволили сократить циклы производства, минимизировать отходы и предлагать персонализированные решения, которые раньше были недоступны. Виртуальные примерки, NFT-коллекции и умные ткани открыли новые горизонты для креатива, превратив моду в симбиоз искусства, науки и технологий. Однако ключевым остаётся баланс: алгоритмы и нейросети не заменяют дизайнера, а становятся его соавторами, расширяя возможности для экспериментов.

Будущее моды — это мир, где физическое и цифровое сосуществуют. Платья, созданные в программах вроде CLO3D, дебютируют на виртуальных подиумах Decentraland, а умные ткани адаптируются к потребностям тела. Но даже в эпоху метавселенных и ИИ основа индустрии остаётся неизменной — это человеческая фантазия, которая превращает технологии в инструмент воплощения невозможного.

Список литературы

1. История развития 3D моделирования: сайт URL: <https://sky.pro/wiki/digital-art/istoriya-razvitiya-3d-modelirovaniya/>. (дата обращения: 12.02.2025).
2. Как аддитивные технологии меняют мир моды: сайт URL: <https://habr.com/ru/articles/406869/> (дата обращения: 12.02.2025).
3. 3d моделирование одежды: сайт URL: <https://apptask.ru/blog/3d-modelirovanie-odezdy#> (дата обращения: 12.02.2025).
4. Что такое Clo3D: сайт URL: <https://skillbox.ru/media/design/chto-takoe-clo3d/> (дата обращения: 12.02.2025).
5. Как искусственный интеллект меняет индустрию моды: сайт URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/67347a949a79470e866f2124> (дата обращения: 12.02.2025).
6. Демократизация моды: почему цифровизация производственного цикла одежды открывает путь творческому р: сайт URL:

<https://www.fespa.com/ru/новости-и-сми/демократизация-моды-почему-цифровизация-производственного-цикла-одежды-открывает-путь-творческому-р> (дата обращения: 12.02.2025).

7. 10 новых технологий и инноваций в сфере производства одежды в 2025 году и примеры стартапов: сайт URL: <https://innovanews.ru/info/innovations/10-novykh-tehnologijj-i-innovatsijj-v-sfere-proizvodstva-odezhdy-v-2025-godu-i-pri-mery-startapov/> (дата обращения: 12.02.2025).

8. Будущее модной индустрии: сайт URL: https://www.designspb.ru/news/articles/future_fashion_industry/ (дата обращения: 12.02.2025).

9. ЦИФРОВЫЕ 3D ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ИНДУСТРИИ МОДЫ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ: сайт URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-3d-tehnologii-v-sovremennoy-industrii-mody-v-usloviyah-pandemii> (дата обращения: 12.02.2025).

10. Котляров, А. В. Шевченко, В. И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.

11. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

12. Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В., Денисова О.А., Полуэктов А.В. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.

References

1. History of 3D modeling development: website URL: <https://sky.pro/wiki/digital-art/istoriya-razvitiya-3d-modelirovaniya/>. (accessed: 02/12/2025).

2. How additive technologies are changing the fashion world: website URL: <https://habr.com/ru/articles/406869/> / (accessed: 12.02.2025).

3. 3d clothing modeling: website URL: <https://apptask.ru/blog/3d-modelirovanie-odezdy/> # (date of access: 02/12/2025).

4. What this is a Clo3D: website URL: <https://skillbox.ru/media/design/chto-takoe-clo3d/> / (date of access: 12.02.2025).

5. How Artificial intelligence is changing the fashion industry: website URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/67347a949a79470e866f2124> (date of access: 02/12/2025).

6. Democratization of fashion: why digitalization of the clothing production cycle opens the way for creative creativity: website URL: <https://www.fespa.com/ru/новости-и-сми/демократизация-моды-почему-цифровизация-производственного-цикла-одежды-открывает-путь-творческому-> (date of request: 12.02.2025).

7.10 new technologies and innovations in the field of clothing production in 2025 and examples of startups: website URL: <https://innovanews.ru/info/innovations/10-novykh-tehnologij-i-innovatsij-v-sfere-proizvodstva-odezhdy-v-2025-godu-i-pri-mery-startapov> / (date of access: 02/12/2025).

8. The future of the fashion industry: website URL: https://www.designspb.ru/news/articles/future_fashion_industry/ (date of access: 12.02.2025).

9. 3D DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE MODERN FASHION INDUSTRY IN THE CONTEXT OF A PANDEMIC: website URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-3d-tehnologii-v-sovremennoy-industrii-mody-v-usloviyah-pandemii> (date of request: 12.02.2025).

10. Kotlyarov, A.V. Shevchenko, V. I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2024. – VOL. 17, No. 4. – PP. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – ED. QUDAPD.

11. Vysotskaya, I. A. Substantiation of information and intellectual support for the principles of operation of technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 19-26. – In doi 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

12. Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V., Denisova O.A., Poluektov A.V. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combination device with reliability in mind// Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 115-124.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВИНОВОДСТВЕ

А.Р. Коняева¹, А.В. Акименко¹, Махато Дханук Раджан¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье освещены информационные технологии, применяемые в современном свиноводстве. Дается их краткое описание. Приведены примеры информатизации конкретных технологических процессов на свиноводческих фермах. Обоснована необходимость в развитии производства средств информационного обеспечения животноводческой отрасли в Российской Федерации.

Ключевые слова: свиноводство, свиноводческая ферма, информационная технология, персональный компьютер, программное обеспечение.

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN PIG BREEDING

A.R. Konyaeva¹, A.V. Akimenko¹, Mahato Dhanuk Rajan¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article highlights information technologies used in modern pig breeding. A brief description of them and examples of informatization of specific technological processes on pig farms are given. The necessity of developing the production of information support for the livestock industry in the Russian Federation is substantiated.

Key words: pig farming, pig farm, information technology, personal computer, software.

Комплексная механизация и автоматизация технологических процессов широко внедряются практически во все отрасли животноводства. Не является исключением и свиноводство.

Информационные технологии, используемые в этой сфере, освобождают работников свиноферм от рутинной, однообразной работы, способствуют повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции.

Оборудование для свиноводства производят компании Big Dutchman (Германия), Schauer (Австрия), Hog slat (США) и др. Их разработки используют новейшие достижения в области вычислительной техники, соответствуют международным стандартам качества и пользуются спросом на мировом рынке.

Современное оборудование, применяемое на фермах, имеет возможность подключения к персональному компьютеру, а специальное программное обеспечение позволяет управлять технологическими процессами животноводческого предприятия, а также предоставляет необходимую информацию о животных. Среди программных продуктов для автоматизации работы свиноферм известны CloudFarms, PigVision, FARM и т.д.

Создание оптимального микроклимата на свиноводческих фермах является одним из процессов, который не обходится без применения компьютерных технологий (рис. 1).



Рисунок 1 – Компьютер для управления микроклиматом

Свиньи достаточно требовательны к микроклимату животноводческих помещений (температура, влажность, состояние и состав воздушной среды). Комфортное содержание свиней является залогом их здоровья и высокой продуктивности.

Требуемые параметры воздушной среды в помещении вводятся в компьютер с учетом возраста и массы животных. Фактические значения этих параметров контролируются с помощью датчиков. В соответствии с сигналами, поступающими от датчиков, компьютер управляет системой поддержания микроклимата: регулирует частоту вращения приточных и вытяжных вентиляторов, включает и выключает обогрев, открывает и закрывает приточные окна (рис. 2).

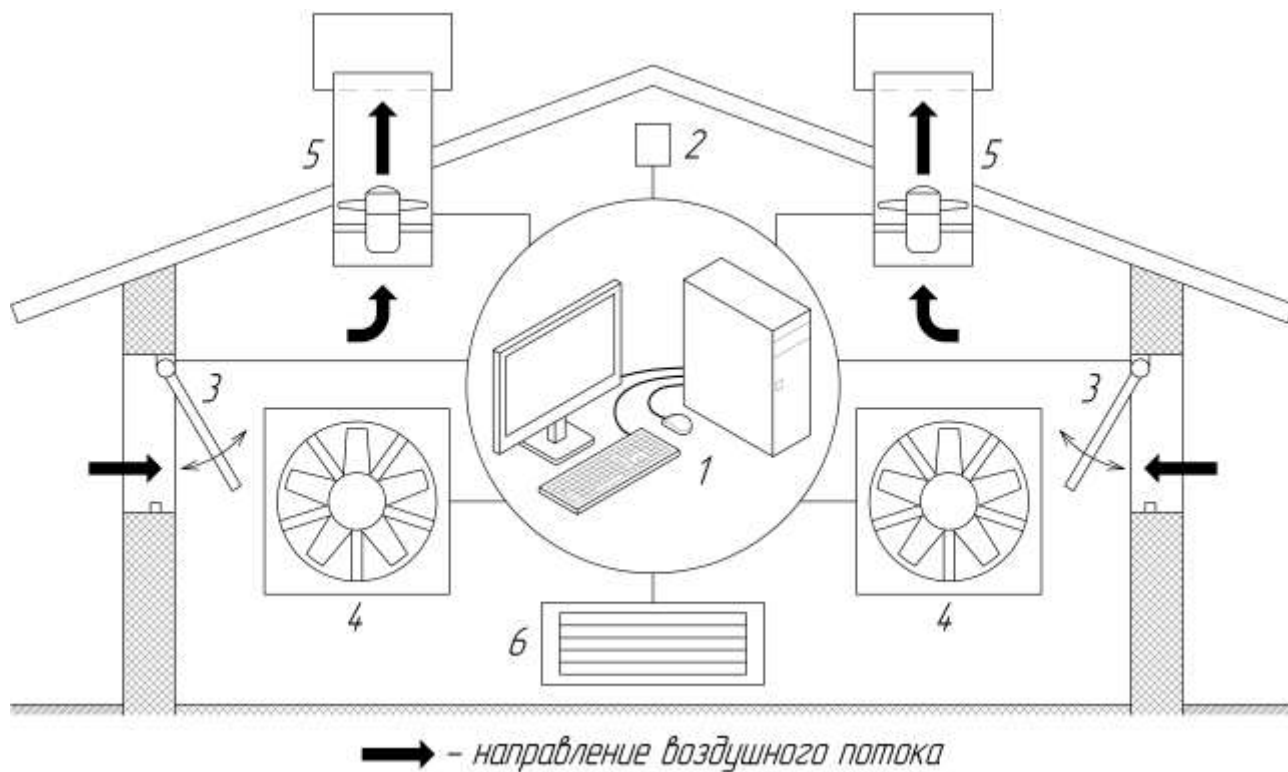


Рисунок 2 – Управление микроклиматом в животноводческом помещении:

- 1 – персональный компьютер; 2 – датчик; 3 – автоматические окна;
- 4 – приточные вентиляторы; 5 – шахты с вытяжными вентиляторами; 6 – обогреватель

При необходимости, могут быть задействованы увлажнители воздуха, которые одновременно способствуют его охлаждению за счет испарения воды.

Особое внимание следует уделить автоматизации кормления свиней. Этим процессом так же управляет персональный компьютер, к которому подключены кормовые станции (рис. 3), установленные в животноводческом помещении.

Кормовая станция (рис. 4) представляет собой площадку, ограниченную неподвижным ограждением 1 и двумя воротами с пневматическим приводом (впускными 2 и выпускными 3). Длина и ширина кормовой станции примерно соответствуют размерам взрослой свиньи, таким образом, в ней может одновременно находиться лишь одно животное. Внутри кормовой станции размещена

кормушка 4 с автоматическим дозатором. Впускные ворота 2 расположены с торцевой стороны станции, напротив кормушки 4, выпускные ворота 3 – с одной из боковых сторон.



Рисунок 3 – Кормовая станция Schauer

У каждой свиньи имеется электронный ошейник 5, с помощью которого осуществляется ее идентификация.

Параметры рациона (размер порции, кратность кормления) задаются оператором в настройках программного обеспечения.

Система автоматического кормления работает следующим образом. Свинья, чувствуя голод, подходит к кормовой станции (рис. 4 а). Датчик 6 считывает идентификационные данные с ее ошейника 5. Открываются автоматические впускные ворота 2, животное заходит в кормовую станцию, после чего ворота 2 закрываются, а в кормушку 4 посредством автоматического дозатора, управляемого компьютером, подается порция корма в соответствии с заданным рационом (рис. 4 б). Одновременно, на компьютер оператора поступает оповещение о том, что данная свинья получила разовую порцию корма (допустим, на ферме принята двухразовая система кормления). Доступ других свиней в кормовую станцию блокируется до окончания кормления. Животному предоставляется определенное время (обычно – 3-5 минут) на поедание корма. По истечении этого времени, открываются автоматические выпускные ворота 3, и свинья покидает кормовую станцию (рис. 4 в).

Во время второго кормления того же животного, рабочий цикл кормовой станции повторяется, а на компьютер оператора отправляется оповещение о том, что свинья приняла пищу второй раз за сутки. После этого, система не пропустит данное животное в кормовую станцию, и если свинья третий раз подойдет к привычному месту кормления, впускные ворота будут заблокированы.

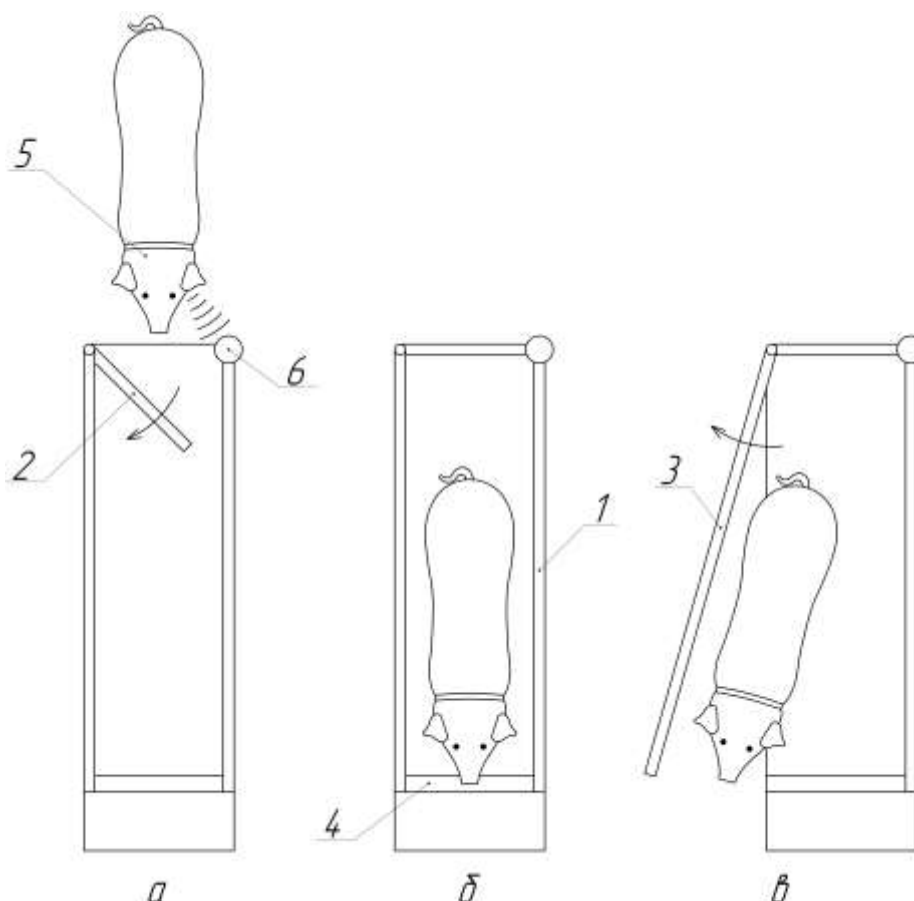


Рисунок 4 – Схема работы кормовой станции:

а – перед началом кормления; б – во время кормления; в – после кормления;
1 – неподвижное ограждение; 2 – впускные ворота; 3 – выпускные ворота;
4 – кормушка; 5 – электронный ошейник; 6 – датчик

Если свинья проявляет пониженный аппетит (например, из-за болезни), она может принять пищу один раз в сутки, или вообще не принять. Информация об этом так же поступает в компьютер, после чего зоотехник (ветеринарный врач) обследует животное на предмет наличия заболеваний, или других причин, препятствующих нормальному питанию.

Кормовые станции оборудуются весами, которые позволяют вести ежедневный мониторинг массы животных, отслеживать динамику ее изменения и

корректировать рацион, если фактические ежесуточные привесы не соответствуют планируемыми показателям.

Информационные технологии так же находят применение в воспроизводстве стада. Специальные системы, оснащенные датчиками, установленными в станках индивидуального размещения свиней, контролируют их поведение, своевременно выявляя наступление периодов половой активности, и предупреждая работников фермы с помощью ПЭВМ, о том, какие животные готовы к осеменению.

Технологии, применяемые в свиноводстве, постоянно совершенствуются. Однако следует признать, что лидирующее положение в этой сфере занимают иностранные компании.

Тем не менее, некоторые российские разработки, такие как, программно-аппаратный комплекс «Свинофон», цифровая платформа для свиноводческих ферм «Пульс.ЦСС» и др., показывают, что в нашей стране это направление постепенно развивается.

Кризис политических и экономических отношений между Россией и странами запада не позволяет рассчитывать на импорт продукции зарубежных фирм, поэтому, разработка отечественных технических средств и программного обеспечения для животноводства, является обязательным условием успешного функционирования данной отрасли.

Список литературы

1. АгроТехМонтаж. Оборудование для свиноводства – системы содержания свиней. – URL: <https://atmnn.ru/svinovodstvo> (дата обращения 29.01.2025) – Текст: электронный.
2. Заревич, А.И. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов / А.И. Заревич, Ф.В. Макаренко, А.С. Ягодкин, К.В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.
3. ИТС 41-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Интенсивное разведение свиней – URL: <https://e-ecolog.ru/docs/cJx8R-ELs-eKcOz5waAEk/full> (дата обращения 30.01.2025) – Текст: электронный.
4. Мещерякова, А.А. Разработка автоматизированной системы управления мобильным роботом / А.А. Мещерякова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 73-84.

5. Новикова, Т.П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для малого сельскохозяйственного предприятия / Т.П. Новикова, Т.В. Новикова, А.И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 53-58.

6. Уралбиовет. Разработчики ПО создают отечественный софт для автоматизации работы свиноферм – URL: <https://new.uralbiovet.ru/razrabotchiki-po-sozdayut-otechestvennyj-soft-dlya-avtomatizaczii-raboty-svinoferm/> (дата обращения 10.02.2025) – Текст: электронный.

7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. AgroTechMontazh. Equipment for pig farming – pig housing systems. – URL: <https://atmnn.ru/svinovodstvo> (accessed 29.01.2025) – Text: electronic.

2. Zarevich, A.I. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms / A.I. Zarevich, Ph.V. Makarenko, A.S. Yagodkin, K.V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – P. 7-16.

3. ITS 41-2017. Information and technical reference book on the best available technologies. Intensive pig breeding – URL: <https://e-ecolog.ru/docs/cJx8R-ELs-eKcOz5waAEk/full> (date of access 30.01.2025) – Text: electronic.

4. Meshcheryakova, A.A. Development of an automated control system for a mobile robot / A.A. Meshcheryakova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 73-84.

5. Novikova, T.P. Development of an algorithm and model of functioning of an information system for a small agricultural enterprise / T.P. Novikova, T.V. Novikova, A.I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2020. – Vol. 13, No. 4. – Pp. 53-58.

6. Uralbiovet. IT-developers create domestic software for automation of pig farms – URL: <https://new.uralbiovet.ru/razrabotchiki-po-sozdayut-otechestvennyj-soft-dlya-avtomatizaczii-raboty-svinoferm/> (date of access 10.02.2025) – Text: electronic.

7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИМУЛЯЦИЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

В.Д. Косых¹, С.А. Лемза¹, Д.Р. Брославский¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматриваются современные методы моделирования и симуляции в сфере здравоохранения, которые являются актуальными в медицине. Изучаются определения, область применения, а также появление новых методов диагностики. Анализируются примеры симуляционных моделей их преимущества и недостатки, а также на примере стоматологии наглядно показывается как применяется 3D – моделирование.

Ключевые слова: моделирование, симуляция, модель, 3D – моделирование, VR – симуляция, здравоохранение.

MODELING AND SIMULATION IN HEALTHCARE

V.D. Kosykh¹, S.A. Lemza¹, D.R. Broslavsky¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper considers modern methods of modeling and simulation in the field of healthcare, which are relevant in medicine. Definitions, scope of application, as well as the emergence of new diagnostic methods are being studied. Examples of simulation models are analyzed, their advantages and disadvantages, and the example of dentistry clearly shows how 3D modeling is used.

Keywords: modeling, simulation, model, 3D modeling, VR simulation, healthcare.

Моделированием называют метод исследования реально существующих объектов, предметов, процессов или явлений на примере созданной модели. Они создаются с целью изучения этих предметов или явлений, а также для предсказаний этих явлений, интересующих исследователя.

Симуляций, в моделировании называют имитационное представление процесса или системы, которые могли бы существовать в реальном мире.

В современном мире симуляционное обучение, основанное на моделях реальных процессов, широко используются в области медицины. Это важный компонент подготовки будущих медицинских работников.

Моделирование и симуляция эффективно улучшают систему здравоохранения, с их помощью разрабатываются новые диагностические методы следующими способами:

- тестирование гипотез

на моделях органов и организма человека в целом проверяются гипотезы, что ускоряет процесс исследования;

- оптимизация протоколов

в этом методе определяются самые эффективные процедуры и параметры;

- снижение рисков

при исследовании на моделях, есть возможность предсказать возможные побочные эффекты и риски новых методов до применения на реальных пациентах;

- персонализация диагностики

в данном случае речь идет о индивидуальных особенностях пациентов, для подбора дальнейшего персонального подхода;

- анализ больших данных

во время анализа данных, выявляются скрытые закономерности, и улучшается диагностическая точность.

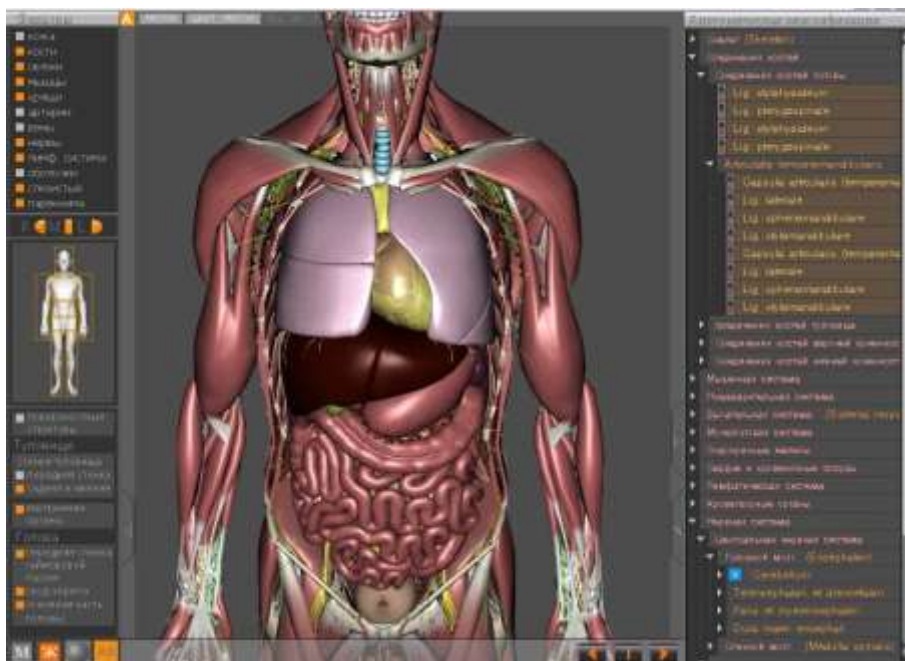


Рисунок 1 – Модель анатомии человека

С помощью моделей, созданных с использованием современных VR технологий, будущие специалисты могут отрабатывать диагностические навыки, осваивать сложные процедуры и операции. Тренируют реакцию на те или иные экстренные ситуации, что значительно снижает риски, которые могут возникнуть с реальными пациентами. Это позволяет многократно повторять эти процедуры, что в свою очередь повышает опыт специалиста.

Кроме самих медицинских работников, у пациентов также появилась возможность ознакомиться с VR симуляцией. Пациент может наглядно ознакомиться с предстоящими ему медицинскими процедурами и подготовиться к ним психологически.

Важно отметить, что VR симуляции, необходимы не только для обучения новых медицинских работников, но и для оценки навыков специалистов. К примеру, использовать в качестве тестирования на знание анатомии или оценку хирургических навыков, и другое. Это обеспечивает более высокие стандарты образовательных программ и медицинской практики.

Преимущества:

- удобство обучения (в любое время в любом месте) ;
- снижение уровня стресса, возникающего при обучении.

Недостатки:

- материальные затраты на оборудование и разработку этого ПО;
- требуют специальной подготовки пользователей.

Название симуляции	Цель	Используемые технологии
Симуляция операций	Обучение хирургов	VR, трекинг движений
Симуляция медицинского осмотра	Обучение врачей первичной медико-санитарной помощи	VR, 3D моделирование
Симуляция ухода за пациентами	Обучение медсестер	VR, интерактивные сценарии
Симуляция оказания неотложной помощи	Обучение экстренным специалистам	VR, реалистичные манекены
Психологическая тренировка	Обучение психиатров	VR, сценарии взаимодействия
Симуляция наркоза	Обучение анестезиологов	VR, моделирование физиологии

Рисунок 2 – Примеры симуляций

В стоматологии широко применяется 3D-моделирование, в создании индивидуальных зубных протезов. Оно состоит из следующих шагов:

- сканирование челюсти;
- получение трехмерного снимка в специальной компьютерной программе, с помощью этого снимка врач оценивает сложность работы, индивидуальную особенность черепа пациента;

- виртуальное планирование лечения и оценивание полученного результата;
- получение модели челюстей, где примеряются будущие имплантаты, которые в последствие будут изготовлены и установлены клиенту.

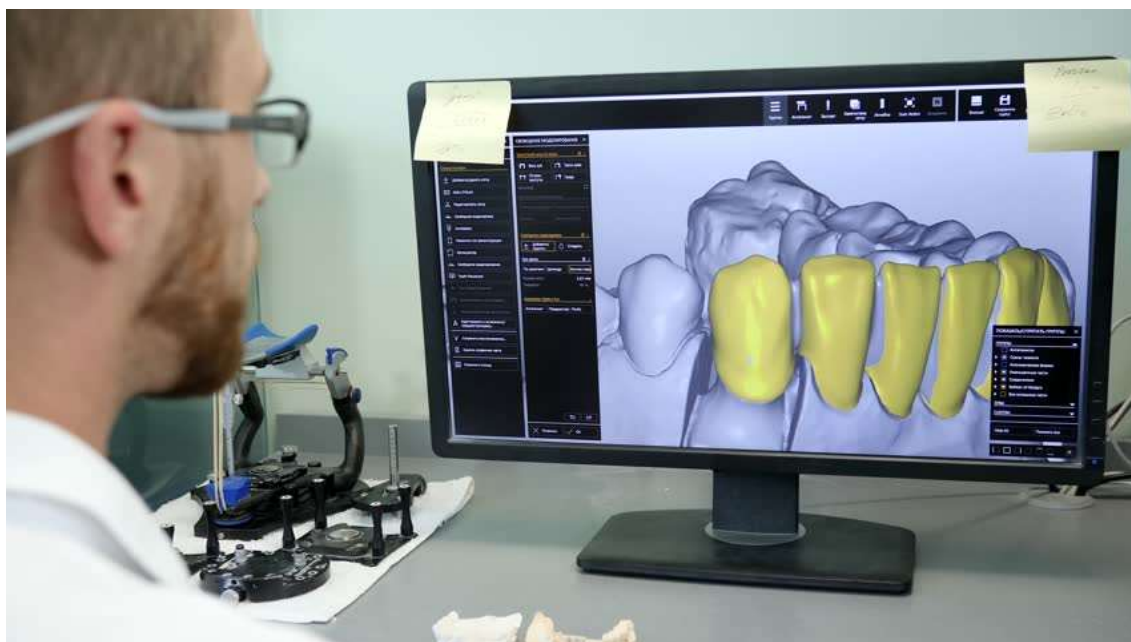


Рисунок 3 – 3D – моделирование в стоматологии

Также, использование компьютерного моделирования, является отличным инструментом при изучении взаимодействия различных препаратов и медикаментов, что дает возможность предвидеть, как они могут влиять друг на друга при их совместном применении. Это помогает исключить риски, и возможные опасности, а также скорректировать дозировки, когда пациент принимает несколько лекарств одновременно.

Используются различные подходы и инструменты:

- графовые базы данных (Neo4j) ;
- визуализационные инструменты (Gephi, Cytoscape, NetworkX) ;
- биоинформатика интеграция данных (ClinVar) ;
- машинное обучение и анализ данных.

Симуляции используют для тестирования терапий с целью разработки новых лекарств и оценки безопасности медицинских устройств.

С помощью них можно:

- моделировать взаимодействие молекул лекарств;
- тестировать медицинские устройства;

– помогать врачам повышать квалификацию (работа на манекенах и виртуальных симуляторах).



Рисунок 4 – 3D – симулятор хирургической операции

Польза моделирования и симуляции в здравоохранении заключается в следующем:

- повышение качества медицинской помощи;
- решение конкретных проблем общественного здравоохранения (эпидемии) ;
- финансовая выгода;
- развитие практических навыков.

Таким образом, влияние моделирования и симуляции на будущее здравоохранения является большим. Взаимодействия с моделями и симуляциями, является неотъемлемой частью современного медицинского образования. Эти инструменты помогают подготовить следующее поколение специалистов к сложностям реальной клинической практики. Что в свою очередь улучшит качество современного здравоохранения.

Список литературы

1. 3D – технологии в стоматологии // Семейная стоматология URL: <https://famdental.ru/articles/3d-modelirovanie/>
2. Бондаренко, Е. В. Симуляционное обучение как ведущее направление развития медицины / Е. В. Бондаренко, Л. Я. Хоронько // Мир науки. Педагогика

и психология. — 2022. — Т. 10. — № 3. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN322.pdf>

3. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

4. Лучинин, А. С. Прогностические модели в медицине / А. С. Лучинин // Клиническая онкогематология. – 2023. –16(1). – С. 27–36.

5. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ХИРУРГИИ // Российская Академия Естествознания URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32747>

6. Применение моделирования в медицине // Студенческий справочник URL: https://spravochnik.ru/informacionnye_tehnologii/informacionnye_modeli_i_modelirovanie/primenenie_modelirovaniya_v_medicine/

7. Симуляционные технологии в подготовке медицинских сестер // Центр повышения квалификации работников здравоохранения – ЦПК РЗ Омск URL: https://cpkrz-omsk.ru/wp-content/Konf_23_11_2023/7_Vasilenok.pdf

8. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С.А. Победа, М.И. Черных, Ф.В. Макаренко, К.В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

9. Схемотехнические методы обеспечения стойкости ЭКБ к воздействию тяжелых заряженных частиц / В.К. Зольников, Ф.В. Макаренко, И.В. Журавлева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.

10. Реализация оптимального построения комбинационного устройства и оценка надежности по выходному напряжению / Ф.В. Макаренко, А.С. Ягодкин, К.В. Зольников, О.А. Денисова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

References

1. 3D technologies in dentistry // Family Dentistry URL: <https://famdental.ru/articles/3d-modelirovanie/>

2. Bondarenko, E. V. Simulation training as a leading direction in the development of medicine / E. V. Bondarenko, L. Ya. Khoronko // The world of science. Pedagogy and psychology. — 2022. — vol. 10. — No. 3. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/16PDMN322.pdf>
3. Korobova, L. A. A systematic approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Eynullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 52-61. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. — EDN PSBDLB.
4. Luchinin, A. S. Prognostic models in medicine / A. S. Luchinin // Clinical oncohematology. — 2023. — 16(1). — P. 27–36.
5. METHODS OF FORECASTING AND MODELING IN CHEMISTRY // Russian Academy Of Natural Sciences URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32747>
6. Application of modeling in medicine // Student reference URL: https://spravochnik.ru/informacionnye_tehnologii/informacionnye_modeli_i_modelirovanie/primenenie_modelirovaniya_v_medicine/
7. Simulation technologies in the training of nurses // Center for Advanced Training of healthcare workers – CPC RZ Omsk URL: https://cpkrz-omsr.ru/wp-content/Konf_23_11_2023/7_Vasilenok.pdf.
8. Creation of an LDMOS transient behavioral model based on an artificial MLP neural network and its description in the Verilog-A language / S.A. Pobeda, M.I. Chernykh, Ph.V. Makarenko, K.V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. — 2021. — Vol. 14, No. 2. — pp. 28-34. — DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.
9. Circuit engineering methods for ensuring ECB resistance to the effects of heavy charged particles / V.K. Zolnikov, Ph.V. Makarenko, I.V. Zhuravleva [et al.] // Modeling of systems and processes. — 2021. — Vol. 14, No. 4. — pp. 35-42. — DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.
10. Realization of the optimal construction of a combination device and evaluation of reliability by output voltage / Ph.V. Makarenko, A.S. Yagodkin, K.V. Zolnikov, O.A. Denisova // Modeling of systems and processes. — 2021. — Vol. 14, No. 4. — pp. 130-139. — DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА И РАНЖИРОВАНИЯ

Е.М. Кузнецова¹, Н.Ю. Юдина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается работа поисковых систем, которая удовлетворяет запросы пользователей на получение информации. Качество результатов зависит от используемых алгоритмов поиска и алгоритмов ранжирования информации. При выполнении данных алгоритмов поисковая система сканирует web-страницы и выполняет их индексацию. Методы ранжирования обеспечивают сортировку просмотренных web-страниц по релевантности.

Ключевые слова: web-страница, поисковая система, ранжирование, индексация, сортировка, релевантность.

ANALYSIS OF EXISTING SEARCH AND RANKING ALGORITHMS

E.M. Kuznetsova¹, N.Yu. Yudina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article examines the work of search engines that satisfy user requests for information. The quality of the results depends on the search algorithms and information ranking algorithms used. When executing these algorithms, the search engine scans web pages and indexes them. Ranking methods ensure that the viewed web pages are sorted by relevance.

Key words: web page, search engine, ranking, indexing, sorting, relevance.

Доступность информации в современном мире значительно выросла, вырос и ее объем. А это привело к тому, что задача поиска информации является весьма актуальной. Схема поисковой системы представлена на рисунке 1. Результатом работы любой поисковой системы является удовлетворение запросов пользователей на получение информации. Качество результатов зависит от используемых алгоритмов поиска и алгоритмов ранжирования информации. При

выполнении данных алгоритмов поисковая система сканирует web-страницы и выполняет их индексацию.

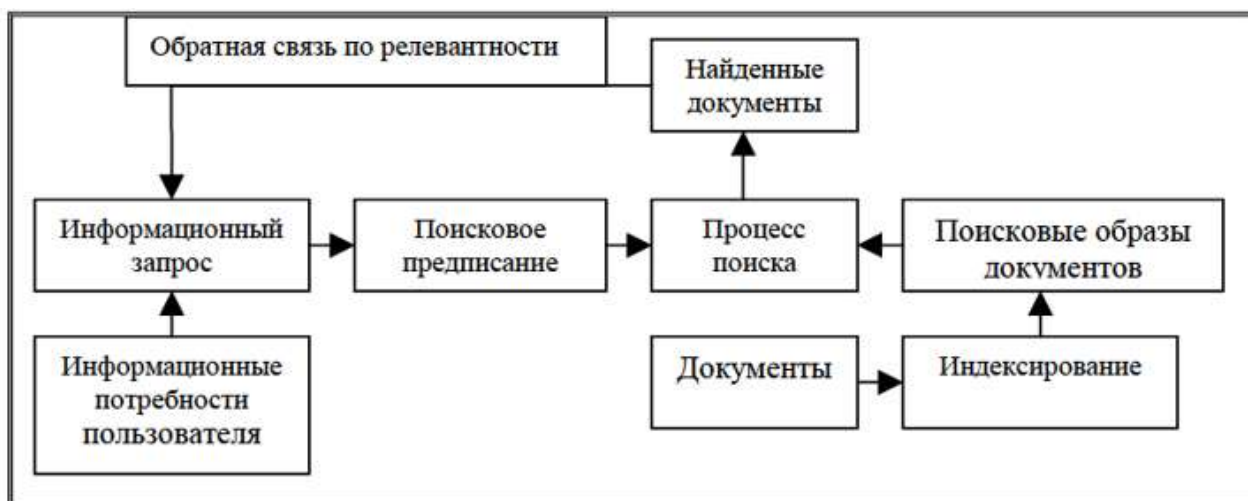


Рисунок 1 – Схема работы поисковой системы

Методы ранжирования обеспечивают сортировку просмотренных web-страниц по релевантности. Для поиска чаще всего используется алгоритм Inverted Index, т.е. алгоритм обратной индексации.

Задачу поиска можно записать следующим образом. Есть коллекция документов

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_T\} \quad D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\} \quad (1)$$

где n – количество документов в коллекции.

В каждом документе есть набор слов

$$d_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im}\} \quad d_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im}\} \quad (2)$$

где w_{ij} – j -ое слово в документе.

Набор слов в документе можно рассматривать как словарь $VS = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, m – количество уникальных слов. Обозначим множество индексов документов как $P(D)$, тогда обратный индекс можно записать как $I: V \rightarrow P(D)$ $I: V \rightarrow P(D)$. А с учетом, что v_i есть частота появления слова в документе, то обратный индекс можно представить формулой (3).

$$I(v_i) = (d_j, f_{ij}) \quad I(v_i) = (d_j, f_{ij}) \quad (3)$$

где d_j – просматриваемый j -ый документ, а f_{ij} – частота появления слова.

Алгоритм Inverted Index обеспечивает поиск всех документов, содержащих данный запрос. Запрос может состоять из нескольких слов, а также может быть фразой. Время поиска прямо пропорционально числу просматриваемых документов. Алгоритм Inverted Index легко масштабируется.

Для более точного поиска информации используется алгоритм Keyword Search.

Существует множество ключевых слов, используемых для поиска информации k_j , которые будут использованы для поиска в документах d_i . В данном алгоритме вводится понятие функции принадлежности слова к просматриваемой странице $\phi(d_i, k_j)$. Данная функция равна 1, если слово содержится в документе, в противном случае $\phi(d_i, k_j) = 0$.

В результате поиска будет получено подмножество документов, для которых будет выполняться условие $\exists k_j \in K: \phi(d_i, k_j) = 1$. Тогда модель задачи поиска можно записать в виде $R = \{d_i \in D | \exists k_j \in K: \phi(d_i, k_j) = 1\}$

Реализация алгоритма поиска по ключевому представлена на рисунке 2.

```
def keyword_search(documents, keywords):  
    result = []  
    for document in documents:  
        for word in keywords:  
            if word in document:  
                result.append(document)  
                break #  
    //Если нашли хотя бы одно совпадение, переходим к следующему документу  
    return result
```

Рисунок 2 – Алгоритм поиска Keyword Search.

Выполняя поиск алгоритм Keyword Search ищет совпадения в базе данных, не анализируя при этом контекст. В связи с этим требуется хранить все документы и ключевые слова, что усложняет его работу. Время поиска зависит от объема просматриваемого документа.

Для повышения производительности данного алгоритма используют инвертированные индексы и хеш-таблицы. Эти подходы позволяют значительно сократить время поиска до логарифмической или даже константной зависимости от числа документов и ключевых слов.

Порядок отображения веб-страниц определяется алгоритмами ранжирования, которые определяют набор правил и математических моделей, используемых для сортировки документов по релевантности. При выполнении алгоритма ранжирования оценивается текст, содержащийся на странице, степень соответствия запросу, количество и качество ссылок на просматриваемую страницу, скорость загрузки сайта. его адаптивность под различные устройства.

Ярким представителем алгоритмов ранжирования является алгоритм PageRank, который анализирует количество и качество внешних ссылок на страницу. Авторитетной считается та, которая имеет большее количество качественных ссылок. Таким образом, задачей данного алгоритма является присвоение просматриваемой странице рейтинг, отображающий ее относительную важность.

Алгоритм PageRank решается с помощью итераций, т.е. сначала устанавливается начальное значение $PR(v_i) = \frac{1}{n}$ для всех i , где v_i – количество страниц. Значения рейтинга вычисляются по формуле (4)

$$PR^{t+1} = \frac{1-d}{n} + d \cdot M \cdot PR^t \quad (4)$$

Процесс продолжается пока значения вектора PR не стабилизируются, т.е. разница между последующим и предыдущим значениями станет достаточно малой $\|PR^{t+1} - PR^t\| < \varepsilon$, где ε – бесконечно малое положительное число.

Алгоритм использует демпфирующий коэффициент для учёта вероятности случайного перехода и сводит задачу нахождения важности страниц к задаче нахождения фиксированной точки рекуррентной формулы, что делает его эффективным инструментом для ранжирования веб-страниц.

К недостаткам алгоритма PageRank относится его зависимость от количества входящих ссылок на страницу, небольшое внимание на качество ссылок. Также алгоритм медленно адаптируется к изменениям, не всегда учитывается поведение пользователя на странице. PageRank имеет ограниченную эффективность при работе с мультимедийными ресурсами. Современные поисковые системы используют множество методов машинного обучения для обеспечения более точного ранжирования.

Одним из популярных алгоритмов поиска информации является алгоритм Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF). При работе с документом он учитывает два аспекта – это появление слова в документе обратную частоту его появления в других документах. Алгоритм имеет два компонента: Term Frequency и Inverse Document Frequency.

Первый компонент TF определяет частоту появления искомого в документе:

$$TF(t, d) = \frac{f(t, d)}{\sum_{\omega \in d} f(\omega, d)} \quad (5)$$

где $f(t, d)$ – число вхождений слова f в документ d , $\sum_{\omega \in d} f(\omega, d)$ – общее количество слов в документе.

Вторая составляющая данного алгоритма – Inverse Document Frequency. Она определяет важность слова для всей коллекции документов, т.е. если слово встречается во всех документах, то оно менее информативно. Если слово встречается редко, то оно представляет более высокую ценность для поиска. Сказанное можно описать формулой (6) :

$$IDF(t) = \log \left(\frac{n}{DF(t)} \right) \quad (6)$$

где n общее число документов; $DF(t)$ – число документов, которые содержат слово t .

Для избежания деления на ноль, когда искомого слова нет используют формулу (7) :

$$IDF(t) = \log \left(\frac{n+1}{DF(t)+1} \right) \quad (7)$$

После определения составляющих их можно объединить (8) :

$$TF - IDF(t, d) = TF(t, d) \times IDF(t) \quad (8)$$

К преимуществам $TF - IDF$ можно отнести следующее: интуитивно понятен; достаточно просто можно вычислить частоту вхождения слова в документ; скорость работы с большими документами.

В качестве недостатков можно отметить то, что он не принимает в расчет порядок слов, зависит от коллекции документов; не работает с синонимами.

Улучшением алгоритма $TF - IDF$ является алгоритм Best Matching 25. Этот алгоритм учитывает частоту слов и параметр. Который регулирует длину документа.

Для улучшения результатов ранжирования современные поисковые системы активно применяют машинное обучение. Модели, основанные на искусственном интеллекте, могут анализировать огромные объемы данных и выявлять скрытые паттерны, которые трудно обнаружить с помощью традиционных методов. Модели, такие как RankNet, LambdaMART и XGBoost, используются для обучения на исторических данных и повышения качества ранжирования.

Список литературы

1. Зибарева, И. В. Информационно-поисковая система SciFinder : учебно-методическое пособие / И. В. Зибарева. – Москва : Директ-Медиа, 2020. – 161 с.
2. Справочно-правовые информационно-поисковые системы : учебно-методическое пособие / составитель М. В. Матвеева. – Воронеж : ВГУ, 2020. — 27 с.

3. Горбунов, В. Г. Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких отношений в условиях принятия решений / В. Г. Горбунов, О. Л. Бордюжа, А. А. Пак // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

4. Зольников В.К., Гамзатов Н.Г., Анциферова В.И., Полуэктов А.В., Фиронов В.А. Экспериментальные исследования радиационного воздействия на микросхемы FRAM // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 16-24.

5. Полуэктов, А. В. Моделирование колебательных процессов в пакете MVSTUDIUM / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, В. И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

References

1. Zibareva, I. V. Information search engine SciFinder : an educational and methodological guide / I. V. Zibareva. Moscow : Direct-Media, 2020, 161 p.

2. Legal reference information and search engines : an educational and methodical manual / compiled by M. V. Matveeva. Voronezh : VSU, 2020. 27 p.

3. Gorbunov V. G., Bordyuzha O. L., Pak A. A. Comparative analysis of Prometheus methods and unclear relationships in decision-making // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

4. Zolnikov V.K., Gamzatov N.G., Antsiferova V.I., Poluektov A.V., Fironov V.A. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 16-24.

5. Poluektov, A. V. Modeling of oscillatory processes in the MVSTUDIUM package / A. V. Poluektov, K. V. Zolnikov, V. I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

ПОСТРОЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ

Е.М. Кузнецова¹, Н.Ю. Юдина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается вопрос создания базы данных поисковой системы. К основным аспектам математического описания базы данных поисковой системы относятся: описание коллекции документов, обратный индекс, модель запроса, оценка релевантности, ранжирование документов. База данных поисковой системы включает следующие таблицы: таблица «документы», таблица «слова», таблица «постинг-лист», таблица «связи», таблица «пользовательские запросы», таблица «результаты поиска». Кроме этого, в базу данных входят запросы, а также создаются индексы для увеличения скорости производительности.

Ключевые слова: база данных, индекс, модель, запросы, коллекция документов.

BUILDING A SEARCH ENGINE DATABASE

E.M. Kuznetsova¹, N.Yu. Yudina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article considers the issue of creating a search engine database. The main aspects of the mathematical description of the search engine database include: description of the document collection, reverse index, query model, relevance assessment, document ranking. The search engine database includes the following tables: the "documents" table, the "words" table, the "posting list" table, the "links" table, the "user queries" table, the "search results" table. In addition, the database includes queries, and indexes are created to increase the performance speed.

Keywords: database, index, model, queries, document collection.

База данных поисковой системы – это сложная структура, состоящая из множества компонентов, которые обеспечивают хранение, обработку и доступ к информации. Рассмотрим пример простой базы данных поисковой системы, включающей основные элементы.

К основным аспектам математического описания базы данных поисковой системы относятся: описание коллекции документов D , обратный индекс $I(w)$, модель запроса q , оценка релевантности $Relevance(d_i, q)$, ранжирование документов $Rank(d_i)$.

Множество просматриваемых документов можно описать (1) как

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \quad (1)$$

где n – количество документов в коллекции.

Каждый просматриваемый документ можно рассматривать как набор слов или текстовая строка (2).

$$d_i = \{w_1, w_2, \dots, w_{m_j}\} \quad (2)$$

здесь w_j – слова, которые содержатся в i -ом документе; m_j – количество слов в документе.

Взаимодействие этих компонентов позволяет эффективно индексировать, искать и ранжировать документы, обеспечивая высококачественные результаты поиска для пользователя.

Для быстрого поиска в структуре базы данных поисковой системы используется обратный индекс:

$$I(w) = \{(d_i, f_{wi}) | w \in d_i\} \quad (3)$$

где w – слово из словаря, d_i – просматриваемый документ, в котором встречается искомое слово, f_{wi} – частота появления слова.

Для каждого слова обратный индекс хранить набор документов, в которых это слова встречается.

Ниже приведено создание индексов на ключевые слова (рисунок 1).

```
CREATE INDEX idx_word ON Words(word);
CREATE INDEX idx_postings ON Postings(document_id, word_id);
CREATE INDEX idx_links_source ON Links(source document id);
CREATE INDEX idx_links_target ON Links(target document id);
```

Рисунок 1 – Создание индексов по ключевым полям

Степень соответствия найденного документа запросу определяется оценкой релевантности, которая определяется по формуле (4).

$$Relevance(d_i, q) = \sum_{w \in q} TF - IDF(w, d_i) \quad (4)$$

где $TF - IDF(w, d_i)$ – оценка релевантности с использованием модели TF-IDF; d_i – просмотренный документ.

После вычисления оценки релевантности всех просмотренных документов в коллекции выполняется упорядочивание по убыванию. Сортировка осуществляется в соответствии с формулой (5).

$$Rank(d_i) = sort(R(d_1), R(d_{12}), \dots, R(d_n)) \quad (5)$$

База данных поисковой системы включает следующие таблицы: таблица «документы», таблица «слова», таблица «постинг-лист», таблица «связи», таблица «пользовательские запросы», таблица «результаты поиска». Кроме этого, в базу данных входят запросы – поиск документов по слову и получение связанных запросов, а также создаются индексы для увеличения скорости производительности. Схема базы данных представлена на рисунке 2.

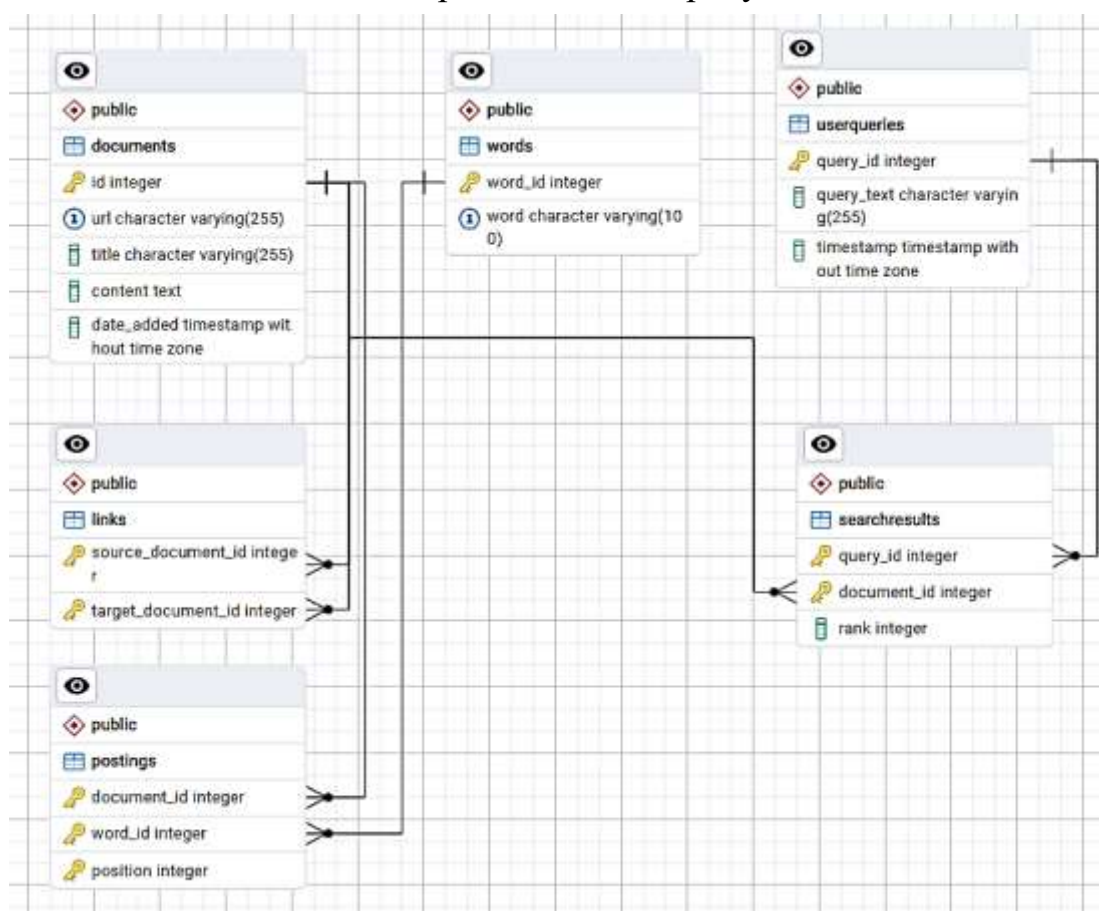


Рисунок 2 – Схема базы данных поисковой системы.

Примеры создания таблиц создаваемой базы данных. Таблица Documents содержит информацию о всех проиндексированных документах.

```
CREATE TABLE Documents (  
    id integer NOT NULL,  
    url character varying(255) COLLATE pg_catalog."default" NOT NULL,  
    title character varying(255) COLLATE pg_catalog."default",  
    content text COLLATE pg_catalog."default",  
    date_added timestamp without time zone DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
    CONSTRAINT documents_pkey PRIMARY KEY (id),  
    CONSTRAINT documents_url_key UNIQUE (url)  
);
```

Таблица Words хранит уникальные слова, которые встречались в документах.

```
CREATE TABLE Words (  
    word_id INT PRIMARY KEY,  
    word VARCHAR(100) NOT NULL UNIQUE  
);
```

Таблица Postings содержит связь между словами и документами.

```
CREATE TABLE Postings (  
    document_id INT,  
    word_id INT,  
    position INT,  
    FOREIGN KEY (document_id) REFERENCES Documents(id),  
    FOREIGN KEY (word_id) REFERENCES Words(word_id),  
    PRIMARY KEY (document_id, word_id, position)  
);
```

Таблица Links содержит информацию о ссылках между документами.

```
CREATE TABLE Links (  
    source_document_id INT,  
    target_document_id INT,  
    FOREIGN KEY (source_document_id) REFERENCES Documents(id),
```

```

FOREIGN KEY (target_document_id) REFERENCES Documents(id),
PRIMARY KEY (source_document_id, target_document_id)
);

```

Дополнительные таблицы:

```

CREATE TABLE UserQueries (
    query_id INT PRIMARY KEY,
    query_text VARCHAR(255) NOT NULL,
    timestamp TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
);

```

Данная таблица Links хранит историю запросов пользователя.

```

CREATE TABLE SearchResults (
    query_id INT,
    document_id INT,
    rank INT,
    FOREIGN KEY (query_id) REFERENCES UserQueries(query_id),
    FOREIGN KEY (document_id) REFERENCES Documents(id),
    PRIMARY KEY (query_id, document_id)
);

```

Таблица SearchResults – результаты поиска.

Данная схема является упрощенной. Реальная версия может включать дополнительные таблицы и индексы, что обеспечивает более высокую производительность и масштабируемость.

Запрос можно представить вектором слов $q = (q_1, q_2, \dots, q_k)$. Здесь k – количество слов в запросе. Модель запроса может включать веса, входящих в запрос слов. Текст запроса поиска документов по слову приведен ниже.

```

SELECT d.url, d.title
FROM Documents d
JOIN Postings p ON d.id = p.document_id
JOIN Words w ON p.word_id = w.word_id
WHERE w.word = 'example'
ORDER BY d.date_added DESC;

```

На рисунке 2 представлена схема поиска по слову.

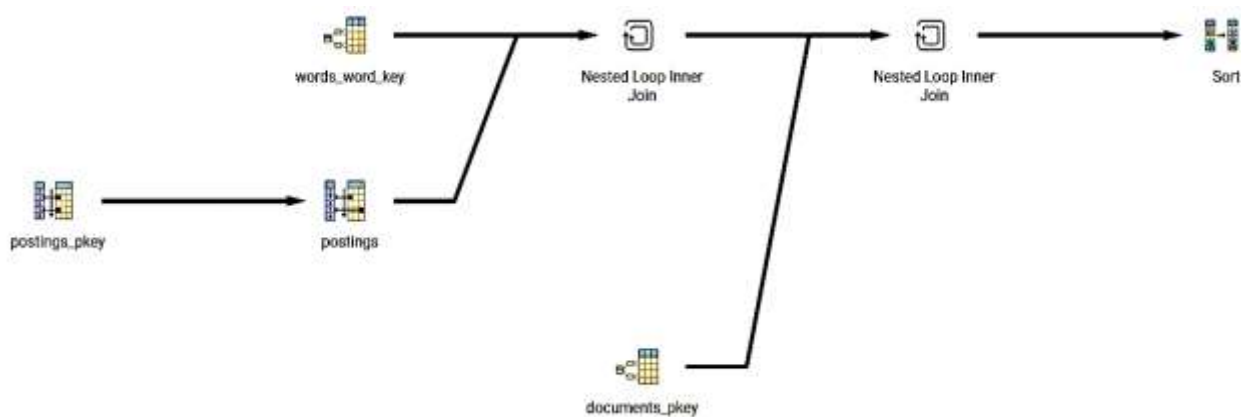


Рисунок 2 – Схема выполнения запроса «Поиск по слову»

Тест запроса на получение связанных документов:

```

SELECT d.url, d.title
FROM Documents d
JOIN Postings p ON d.id = p.document_id
JOIN Words w ON p.word_id = w.word_id
WHERE w.word = 'example'
ORDER BY d.date_added DESC;

```

База данных была создана с использованием системы управления базами данных PostgreSQL. PostgreSQL работает на операционных системах Linux, Windows, macOS и другие Unix-подобные системы. Выбранная нами СУБД не имеет ограничений на использование. Модификацию и распространение кода (лицензия BSD). Выбранная нами СУБД поддерживает множество функций. Это и поддержка сложных типов данных, и полная поддержка транзакций. PostgreSQL имеет встроенные механизмы репликации и отказоустойчивости. Пользовательские функции могут создаваться на различных языках программирования высокого уровня. PostgreSQL предоставляет пользователю мощные средства защиты данных. Данная СУБД включает шифрование соединений и данных на диске. Масштабирование обеспечивает его использование в проектах разного масштаба.

Список литературы

1. Белов, В. В. Повышение пертинентности поиска в современных информационных средах : учебное пособие / В. В. Белов, А. А. Терехов, В. И. Чистякова. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 158 с. — ISBN 978-5-9912-0223-7.

2. Селетков, С. Н. Аналитические исследования в информационных и коммуникационных средах : учебное пособие / С. Н. Селетков, Н. В. Днепровская. – Москва : ЕАОИ, 2010. – 184 с. – ISBN 978-5-374-00368-0.

3. Сидорова, Н. П. Базы данных: практикум по проектированию реляционных баз данных / Н. П. Сидорова. – Москва : Директ-Медиа, 2020. – 92 с. – ISBN 978-5-4499-0799-8

4. Бантюков, С. М. Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности / С. М. Бантюков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY

5. Горбунов, В. Г. Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких отношений в условиях принятия решений / В. Г. Горбунов, О. Л. Бордюжа, А. А. Пак // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

References

1. Belov, V. V. Increasing search persistence in modern information environments : a textbook / V. V. Belov, A. A. Terekhov, V. I. Chistyakova. – Moscow : Hotline-Telecom, 2012. 158 p. ISBN 978-5-9912-0223-7.

2. Seletkov, S. N. Analytical research in information and communication environments : a textbook / S. N. Seletkov, N. V. Dene-provskaya. Moscow : EAOI, 2010. 184 p. ISBN 978-5-374-00368-0.

3. Sidorova, N. P. Databases: a workshop on the design of operational databases / N. P. Sidorova. Moscow : Direct-Media, 2020. 92 p. ISBN 978-5-4499-0799-8

4. Bantyukov, S. M. Creation of an intelligent quality management system of the Etalon enterprise in the aviation industry / S. M. Bantyukov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY

5. Gorbunov V. G., Bordyuzha O. L., Pak A. A. Comparative analysis of Prometheus methods and unclear relationships in decision-making // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Кун Яньсинь¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. С повышением уровня питания растет и заболеваемость различными видами болезней, которые в серьезных случаях могут вызвать опухоль или даже рак. Обнаружение целей занимает важное место в задачах распознавания и классификации изображений, является очень важным исследованием в области компьютерного зрения и в последние годы находит все более глубокое применение в медицинской сфере. В этой статье мы предлагаем систему компьютерной диагностики на основе глубокого обучения для обнаружения распространенных поражений, чтобы снизить вероятность возникновения рака. Создание системы включает в себя пять этапов: создание структуры глубокого обучения, предварительная обработка изображений поражений, извлечение признаков для обучения модели, сравнение производительности моделей обнаружения поражений, а также проектирование и разработка внешнего интерфейса.

Ключевые слова: глубокое обучение, конволюционная нейронная сеть, обнаружение цели, вспомогательная диагностика

RESEARCH ON DEEP LEARNING BASED INTELLIGENT MEDICAL IMAGING ASSISTED DIAGNOSIS SYSTEM

Yanxin Kong¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. With the improvement of dietary level, the incidence of various kinds of diseases is also increasing, which can cause tumour or even cancer in serious cases. Target detection occupies an important position in image recognition and classification tasks, which is a very important research in the field of computer vision, and its application in the medical field has become more and more in-depth in recent years. In this paper, a deep learning-based Computer Aided Diagnosis (CAD) system

is proposed for common lesion detection to reduce the possibility of cancer. The construction of the system consists of five main steps: building a deep learning framework, preprocessing of lesion images, feature extraction to train the model, performance comparison of lesion detection models, and front-end interface design and development.

Keywords: deep learning, convolutional neural network, target detection, computer-aided diagnosis

Технология глубокого обучения – это разновидность машинного обучения, которая является новой областью и направлением исследований, а ее концепция впервые была предложена в исследованиях искусственных нейронных сетей. Однако некоторые из методов нейронных сетей, предложенных в самом начале, сильно зависели от того, насколько разумными были параметры системы и достаточно ли точной была маркировка данных, а также требовали высокой вычислительной мощности. В результате нейронные сети были вытеснены другими методами машинного обучения с меньшими ограничениями, например, основанными на машинах опорных векторов (SVM). Из-за отсутствия достаточных ресурсов и поддержки методы на основе нейронных сетей пережили период «зимы», и в 2006 году Хинтон и его команда предложили концепцию DeepBeliefNetwork (DBN), которая предполагала, что неглубокая структура предыдущих нейронных сетей должна быть заменена более глубокой архитектурой. С тех пор концепция глубокого обучения внесла разрушительные изменения в искусственный интеллект и машинное обучение

С развитием искусственного интеллекта и технологий машинного обучения в последние годы технология распознавания изображений на основе глубокого обучения становится все более совершенной, а ее применение постепенно расширяется. Информация об изображениях в реальном мире обычно сложна, что не способствует машинному обучению, поэтому необходимо извлекать эффективную информацию о признаках, которая будет использоваться для машинного обучения, из исходных данных, и для решения этой проблемы была предложена технология обучения признакам. Обучение признакам в основном зависит от того, помечены или нет обучаемые данные, без меток – это обучение без контроля, и наоборот – обучение с контролем.

Основной метод алгоритма глубокого обучения заключается в том, что с помощью неконтролируемого обучения каждый слой сети предварительно обучается, чтобы извлечь низкоразмерные признаки из высокоразмерных входных данных, а затем использовать результаты обучения в качестве входных данных

для более высоких уровней, и повторять эту операцию слой за слоем, пока модель, наконец, не извлечет необходимые низкоразмерные признаки. Глубокое обучение имитирует механизм распознавания изображений нейронами человеческого мозга и воплощает высокую степень интеллекта в практических приложениях, поэтому эта технология получила широкое распространение. В последние годы с развитием технологии глубокого обучения появились новые исследовательские достижения в области обнаружения целей. Одно из важных применений обнаружения целей связано с распознаванием медицинских изображений, в частности, для обнаружения и распознавания повреждений на изображениях и видео, полученных во время медицинских осмотров.

За рубежом в области обнаружения и классификации заболеваний Сарраф и др. используют фреймворк глубокого обучения LeNet-5 в конволюционных нейронных сетях (CNN) для обучения изображений мозга при БА и нормальных изображений мозга, получают признаки от низкой до высокой ступени из большого количества обучающих изображений с постоянным масштабом и сдвигом, а полученная модель подходит для функциональных магнитно-резонансных (МР) изображений. Точность классификации модели для функциональных магнитно-резонансных изображений и магнитно-резонансной томографии (МРТ) достигает 99,9% и 96,85% соответственно [1], и модель может быть расширена до более сложных задач классификации. и модель может быть расширена на более сложные задачи классификации. Арапов Д. В. и др. предлагают разработать автоматизированную систему суждений, которая поможет врачам выбрать вид хирургического лечения и математически прогнозировать послеоперационное состояние пациентов с многомерными грыжами передней брюшины или средней линии брюшины. Представлен обзор литературы, посвященный методам и способам хирургического лечения грыж передней стенки брюшины, математическому моделированию послеоперационного состояния пациента и использованию искусственных нейронных сетей в медицинской практике. Внутрибрюшное давление оценивалось по насыщению крови кислородом. В связи с нелинейностью последнего адекватность и значимость параметров модели определяли по величине относительной ошибки. Для грыж средних размеров было проведено сравнительное нейросетевое моделирование показателей пациентов, при этом не было выявлено преимуществ использования многослойных перцептронов. Программный модуль для нейросетевого моделирования был реализован на языке Python версии 3.11.7 в среде программирования Spyder. Мы реализовали

ранжирование типов грыж, которые можно сортировать по среднему размеру, и ранжирование хирургических методов по сложности от 1 до 6. [2]

Коробова Л.А. и др. разрабатывают систему самодиагностики здоровья человека, в настоящее время темп жизни человека и возможности диагностической системы делают ненужным поход в больницу для диагностики. Если пользователь получил плохой результат диагностики, диагностическая система предлагает ему обратиться к врачу. Диагностическая система разрабатывается в виде веб-приложения или приложения для мобильного телефона. Необходимым процессом приложения является анкетирование, от качества которого зависит точность результатов диагностики.

Принципы разработки приложения заимствованы из повседневной жизни, где ноутбуки, настольные компьютеры и различные инструменты автоматически предполагают наличие экранов с различным разрешением. В случае несоблюдения эксплуатационных требований и чрезмерного использования наблюдается напряжение зрительного нерва, что может привести к развитию серьезных глазных заболеваний, и система иллюстрирует причины глазных заболеваний и симптомы различных болезней.

Для изучения состояния человеческого глаза была разработана модель поддержки принятия решений на основе пасто-логического устройства, демонстрирующая возможность диагностики состояния органов человека по радужной оболочке глаза. [3]

Компания медицинского ИИ в США разработала систему, которая может быть использована для обнаружения злокачественных опухолей в некоторых частях человеческого тела,[4] система может автоматически обобщать информацию о признаках на изображении поражения путем обучения на основе заданного достаточного количества данных изображений, связанных с медицинским поражением, и в конечном итоге она может точно определить, есть ли злокачественная опухоль на изображении для обнаружения, и использование системы было проверено на данных о раке печени, которая имеет более высокую точность, чем точность идентификации врачом человека. Более чем в 4 раза, достигнуты очень хорошие результаты Spanhol и др. предложили метод глубокого обучения, основанный на извлечении признаков из фрагментированных изображений, объединив свои предварительно обученные CNN и фрагментированные изображения для обучения модели, используя большое количество данных изображений высокого разрешения, содержащих рак молочной железы, в качестве входа для существующей сверточной нейронной сети, что позволяет избежать

модификации модели, и уменьшает ведущую к более сложной и вычислительно дорогой архитектуре Niihawan et al. использовали методы глубокого обучения для сравнения с традиционными методами классификации, такими как Random Forest (RF), SVM и K-Nearest Neighbors (KNN), для исследования классификации более десятка изображений заболеваний ногтей и достигли точности распознавания 84,58 % [6].

Кроме того, применение глубокого обучения в медицинской области имеет общую проблему, то есть данные изображений нелегко получить, а объем данных невелик, однако слишком малое количество данных приводит к проблемам перепогонки модели при обучении, и трудно обеспечить обобщающую способность модели на тестовых данных, а конечные результаты обнаружения и классификации оказываются низкими, поэтому ряд исследователей для решения проблемы недостаточного объема данных проводят множество исследований.

Например, Рот эффективно преодолел недостатки недостаточного объема данных в области распознавания медицинских изображений, увеличив размер набора данных с помощью метода расширения данных [7], и точность обученной модели для трех типов поражений, а именно полипов солнечного света, лимфатических узлов и метастазов цирроза, была улучшена на 17 %, 27 % и 13 % соответственно [8]. Theano – это библиотека Python, очень подходящая для академических исследований, обычно используемая для определения, оптимизации и оценки обработки многомерных массивов. Она имеет следующие характеристики: ее можно проверять и оценивать с помощью широкого спектра модульных тестов и самоподтверждения для проверки и определения многих типов ошибок, отказоустойчивость хорошая, тесно интегрирована с базой данных Numpy, для данных компактных вычислений в GPU, эффективность также высокая, можно быстро оценить выражение путем генерации динамического кода.

В таблице 1 приведен сравнительный обзор оценок некоторых основных фреймворков глубокого обучения, представленных выше, с точки зрения поддерживаемых языков, дизайна моделей, интерфейса и развертывания, архитектурного дизайна и общей производительности.

Архитектура системы, разработанная в данной работе, содержит три слоя, верхний слой – это слой пользовательского интерфейса, который содержит амбулаторное обследование, патологические шаблоны и библиотеку медицинских карт, в основном используемые для ввода и вывода соответствующего пользователя; нижний слой – это слой базы данных, который в основном используется

для хранения и поиска медицинских карт и кэширования соответствующих данных; в середине находится слой бизнес-логики, который отвечает за соединение верхнего и нижнего слоев для реализации всего набора системной логики, которая в основном содержит обработку данных, распознавание моделей и автоматическое аннотирование для завершения различных по сложности и уровню сложности.

Таблица 1 – Сравнительный обзор фреймворков глубокого обучения

Фреймворки	TensorFlow	Caffe	CNTK	Theano
Поддерживаемые языки	Python/C++ и т.д.	C++/Python	Python	Python
Дизайн модели	80	60	80	80
Интерфейсы	80	60	70	70
Развертывание	90	90	40	40
Производительность	90	80	50	50
Архитектура	100	70	50	50
Общий рейтинг	88	72	58	58

Общий диагностический процесс системы выглядит следующим образом: врач может ввести соответствующую информацию о пациенте в пользовательский интерфейс, вызвать внутреннюю модель для обнаружения поражения в режиме реального времени, начав обследование, и результаты обнаружения передаются на внешний интерфейс через WebSocket для отображения, и в процессе обследования врач может ввести соответствующую информацию протокола обследования в пользовательский интерфейс, который используется для создания окончательного патологического отчета, который будет сохранен в базовой базе данных, чтобы облегчить последующим пользователям запрос соответствующей информации из базы данных, чтобы облегчить последующим пользователям запрос соответствующих данных из базы данных.

Последующим пользователям удобно запрашивать соответствующие медицинские записи из базы данных. При использовании системы, вы можете войти на вышеуказанную страницу, введя действительный адрес интерфейса загрузки в браузере, а затем вы можете нажать для просмотра локального видео или изображения для обнаружения поражения, файл для обнаружения будет загружен на сервер, сервер будет анализировать изображение и видео для обнаружения с помощью обученной модели обнаружения поражения, а затем результаты обнаружения будут отображаться на странице браузера.

Список литературы

1. Сарраф С., Тофиги Г. ДеерAD: Классификация болезни Альцгеймера с использованием глубоких сверточных нейронных сетей на основе МРТ и ФМРТ / С. Сарраф, Г. Тофиги // BioRxiv. – 2016. – № 070441.
2. Арапов Д. В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д. В. Арапов, В. А. Курицын, С. А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Том 17, № 3. – С. 7–16. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 5 – 13.
3. Коробова Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Том 17, № 3. – С. 52–61. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 50 – 59.
4. Саммерс Р. М. Прогресс в полноавтоматическом интерпретации компьютерной томографии живота / Р. М. Саммерс // American Journal of Roentgenology. – 2016. – Том 207, № 1. – С. 67–79.
5. Спанхоль Ф. А., Оливейра Л. С., Петижан С. и др. Классификация гистопатологических изображений рака груди с использованием сверточных нейронных сетей / Ф. А. Спанхоль, Л. С. Оливейра, С. Петижан и др. // 2016 Международная совместная конференция по нейронным сетям (JCNN). – IEEE, 2016. – С. 2560–2567.
6. Нижаван Р., Верма Р., Бушан С. и др. Интегрированная архитектура глубокого обучения для идентификации заболеваний ногтей / Р. Нижаван, Р. Верма, С. Бушан и др. // 2017 13-я Международная конференция по технологиям сигналов и изображений и сетям, основанным на Интернете (SITIS). – IEEE, 2017. – С. 197–202.
7. Чараламбус С. С., Бхарат А. А. Методология расширения данных для обучения алгоритмов распознавания gait с использованием машинного/глубокого обучения / С. С. Чараламбус, А. А. Бхарат // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2016. – Том 24, № 10. – С. 1016–1027.
8. Рот Х. Р., Лу Л., Лю Дж. и др. Повышение эффективности компьютерной помощи в детекции с использованием сверточных нейронных сетей и случайного агрегирования видов / Х. Р. Рот, Л. Лу, Дж. Лю и др. // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2015. – Том 35, № 5. – С. 1170–1181.
9. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.

References

1. Sarraf S, Tofighi G. DeepAD: Alzheimer's disease classification via deep convolutional neural networks using MRI and fMRIJ.BioRxiv, 2016: 070441.
2. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17, No. 3. - P. 7-16. -- DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13.
3. Korobova, L. A. Systems approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Einullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17, No. 3. - P. 52-61. - DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59.
4. Summers R M. Progress in fully automated abdominal CT interpretation[J]. American Journal of Roentgenology, 2016, 207(1) :67-79.
5. Spanhol F A, Oliveira L S, Petitjean C, et al. Breast cancer histopathological imageclassification using convolutional neural networks[C]//2016 international jointconference on neuralnetworks (JCNN). IEEE,2016: 2560-2567.
6. Nijhawani R, Verma R, Bhushan S, et al. An Integrated Deep Learning FrameworkApproach for Nail Disease Identification[C]//2017 13th International Conferenceon Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). IEEE, 2017: 197.202.
7. Charalambous C C, Bharath A A. A data augmentation methodology for trainingmachine/deep learning gait recognition algorithmsJ. IEEE Transactions onMedical Imaging,2016,24(10) :1016-1027
8. Roth H R, Lu L, Liu J, et al. Improving computer-aided detection usingconvolutional neural networks and random view aggregation[J]. IEEE transactionson medical imaging, 2015,35(5) :1170-1181.
9. Zarevich A.I., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. - 2022. - Vol. 15, No. 3. - pp. 7-16.

ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ИНЖЕНЕРА СЛУЖБЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

О.Ю. Кутепова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье выполнено определение перечня опасных и вредных производственных факторов рабочего места. Определены предельно допустимые значения параметров источников опасности. Выполнен расчёт системы кондиционирования рабочего места. Решена задача по организации обеспечения безопасности рабочего места инженера службы автоматизированных систем управления.

Ключевые слова: вредные и опасные производственные факторы, охрана труда, расчёт системы кондиционирования рабочего места, обеспечение безопасности рабочего места инженера, служба автоматизированных систем управления.

HARMFUL AND DANGEROUS PRODUCTION FACTORS AT THE WORK- PLACE OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM SERVICE ENGINEER

O.Y. Kutepova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article defines the list of dangerous and harmful production factors of the workplace. The maximum permissible values of the hazard source parameters have been determined. The calculation of the workplace air conditioning system has been performed. The task of organizing workplace safety for an automated control systems engineer has been solved.

Key words: harmful and dangerous production factors, labor protection, calculation of the workplace air conditioning system, ensuring the safety of the engineer's workplace, automated control systems service.

Выделим для рассмотрения ряд основных вредных и опасных производственных факторов инженера службы АСУ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-76.

1. Повышенная напряженность электрического поля. Источниками электромагнитных полей на рабочем месте являются персональный компьютер, а также его узлы.

2. Повышенная напряженность магнитного поля. Источником магнитных полей различной интенсивности на выделенном рабочем месте является ПК. Как и все приборы, потребляющие электроэнергию, ПК испускает электромагнитное излучение.

3. Повышенный уровень шума на рабочем месте. Основными источниками шума на рабочем месте являются, вентилятор процессора, жесткий диск, принтер, используемый для печати.

Также отметим, что основным источником опасности от воздействия статических перегрузок является длительное нахождение в сидячем статическом положении, а также малая подвижность инженера.

Определим перечень предельно допустимых значений параметров источников опасности.

1) Предельно допустимые значения напряженностей магнитного и электрического полей приведены в приложении 3 СанПиН 2.2.2.542-96.

2) Допустимое значение уровня шума. Предельно допустимый уровень шума приведен в ГОСТ 12.1.003-83. В соответствии с данным документом допустимый уровень шума для инженеров, имеющих дело с конструированием и проектированием составляет 50 дБ.

3) Допустимое значение температуры в помещении для работы в теплый период года.

4) Допустимое значение тока прикосновения человеком при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением 220 В и 50 Гц. Время воздействия ограничено, так как для наилучшей защиты используются также устройства защитного отключения DeKraft BA-101. Данные автоматы имеют кривые отключения В, С, D. В соответствии с которыми, время срабатывания УЗО не должно превышать 0,05 с.

Выполним расчёт системы кондиционирования рабочего места.

Так как фактическая температура рабочего места выше максимально допустимого значения, то показатель безопасности источника опасности $b = 0$. Таким образом, требуется принять меры к устранению вредного влияния данного источника опасности.

В соответствии с СНиП 2.04.05-91 необходимо спроектировать систему кондиционирования третьего класса, которая обеспечивает оптимальные санитарно-гигиенические нормы.

1. Расчет теплопоступления от солнечного излучения через остекление.

Расчетные количества тепла, поступающего от солнечной радиации (Вт/м² дения. На выделенном рабочем месте окна выходят на запад и на юг. Географическая широта Перми составляет 58°. Наиболее близким значением широты из запад количества тепла $q_{ЗАП} = 157 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ч}$, а для окон выходящих на южную сторону $q_{ЮГ} = 145 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Расчет количества тепла, в соответствии в СНиП 2.04.05-91 выполним по формуле:

$$Q_i = q_i St,$$

где Q_i – суммарное тепловыделение через оконный проем за рабочую смену, q_i - расчетное количество тепла, S – площадь окна, t – время воздействия (1 час).

Тогда

$$Q_{ЗАП} = 157 \cdot 12 \cdot 8 = 1884 \text{ Вт}$$

$$Q_{ЮГ} = 2 \cdot 145 \cdot 12 \cdot 8 = 3480 \text{ Вт}$$

Суммарное теплопоступление будет определяться по формуле

$$Q_1 = 0,6 \cdot (Q_{ЗАП} + Q_{ЮГ}) = 0,6 \cdot (1884 + 3480) = 3218,4 \text{ Вт}$$

2. Расчет тепловыделения от людей.

Суммарное тепловыделение от людей будет:

$$Q_2 = n q_{ЧЕЛ},$$

где Q_2 – суммарное тепловыделение от людей, $q_{ЧЕЛ}$ - расчетное количество тепла от одного человека, n – количество людей.

$$Q_2 = 12 \cdot 65 = 780 \text{ Вт}$$

3. Расчет тепловыделения от источников искусственного освещения:

$$Q_3 = nN,$$

где N – суммарная мощность источников освещения, Вт; n – коэффициент тепловых потерь (0,9 для ламп накаливания и 0,55 для люминесцентных ламп).

Количество теплоты от источников искусственного освещения будет равно:

$$Q_3 = 960 \cdot 0,55 = 528 \text{ Вт}$$

4. Расчет тепловыделения от устройств вычислительной техники:

$$Q_4 = nN.$$

Количество выделяемой теплоты устройствами составит:

$$Q_4 = 12 \cdot 300 \cdot 0,5 = 1800 \text{ Вт}$$

Таким образом, суммарное тепловыделение составит:

$$Q_{\text{сумм}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 3218,4 + 780 + 528 + 1800 = 6326,4 \text{ Вт}$$

Кондиционер должен погасить суммарное тепловыделение.

5. Выбор кондиционера. Технические характеристики выбранного кондиционера приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры кондиционера

Параметр	PKA-RP71FAL
Холодопроизводительность, кВт	7,90
Тепло производительность, кВт	9,50
Потребляемая мощность (охлаждение), кВт	0,090
Потребляемая мощность (обогрев), кВт	0,090
Расход воздуха (мин), м ³ /ч	900
Расход воздуха (макс), м ³ /ч	1200
Уровень шума (мин), дБ(А)	39
Уровень шума (макс), дБ(А)	45
Вес, кг	24,0
Габариты (ШхДхВ), мм	1400х235х340
Напряжение питания (В, ф, Гц)	220-240В, 1 ф, 50 Гц

Микроклиматические параметры поддерживаются системой отопления, кондиционирования, а при необходимости проветриванием помещения.

Для решения задачи по организации обеспечения безопасности рабочего места инженера службы АСУ были определены фактические значения параметров источников опасности и предельно допустимые значения параметров источников опасности.

При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.
9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в

гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

19. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.

20. Астраханцева, И. А. Имитационная модель проточного трубчатого реактора / И. А. Астраханцева, С. П. Бобков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAVASM.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.
19. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field in forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
20. Astrakhantseva, I. A. Simulation model of a flow-through tubular reactor / I. A. Astrakhantseva, S. P. Bobkov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAV-ASM.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИИ-ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ 3D-ПЕЧАТИ

В.В. Мальцев¹, А.В. Ачкасов¹, И.А. Бунеев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье проводится анализ методов 3D-печати, в различных сферах производства. Были изучены современные методы ИИ-оптимизации параметров 3D-печати, направленные на решение основных проблем в данной сфере – неоднородность материала, деформация слоев, вызванная термическим напряжением и другие. Также были рассмотрены перспективные направления, включающие адаптацию ИИ-моделей для мультиматериальных систем и ускорение оптимизации за счет квантовых вычислений.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, машинное обучение, ИИ, нейронные сети.

MODERN METHODS OF AI-DRIVEN OPTIMIZATION FOR 3D PRINTING PARAMETERS

V.V. Maltsev¹, A.V. Achkasov¹, I.A. Buneyev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article analyzes 3D printing methods in various fields of manufacturing. Modern AI-driven optimization methods for 3D printing parameters were studied, aimed at solving key challenges in the field: material inhomogeneity, layer deformation caused by thermal stress, and others. Promising directions were also explored, including the adaptation of AI models for multi-material systems and optimization acceleration through quantum computing.

Keywords: additive manufacturing, 3D printing, machine learning, AI, neural networks.

Введение

В сфере аддитивного производства (АМ), современные организации часто сталкиваются с рядом проблем при обеспечении качества выпускаемой продукции, оптимизации своих производственных процессов, а также принятии решений какие именно детали подходят для производства с применением аддитивных технологий. В современном мире, с увеличением производства, растут и число проблем, с которыми сталкиваются организации – нестабильное качество деталей, барьеры при масштабируемости производства, высокие затраты. Также не маловажный момент – это устаревший стек программного обеспечения, который в свое время был разработан для прототипирования и ему становится сложно справляться с современными процессами АМ. К таким сложностям относятся подготовка сборки, оптимизация проектирования, адаптация системы управления производственными процессами (MES). Для решения данных проблем, подойдут современные методы, такие как искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение и машинное зрение.

Архитектура нейросетей моделей.

Модель U-Net, выпущенная в 2015 году, изначально была разработана для медицинского сектора, которая была адаптирована на прогнозирование деформаций изделий в аддитивном производстве [1]. Сохранение пространственных характеристик на всех уровнях обработки данных, происходит за счет U-образной структуры со skip-соединениями. В настоящее же время существует уже несколько модификаций данной модели: GAN-Enhanced U-Net использующая генеративно-состязательные сети для синтеза термограмм, способствующая повышению точности на 12% [2]. MTA-UNet – многозадачная архитектура, позволяет прогнозировать напряжение и деформации с MAE (средняя абсолютная ошибка) = 14мкм [3]. Physics-Informed U-Net – интеграция уравнений теплопередачи в обучаемый конвейер, снижающая ошибку до 15 мкм [4].

Классические сверточные сети (CNN) способны прогнозировать дефекты с точностью до 88%, по сравнению с другими сетями, в то время как сеть долгой краткосрочной памяти (LSTM) способна с высокой точностью анализировать временные ряды данных MeltPool, но при этом требуют больше вычислительных ресурсов. Входные параметры инженерной модели, такие как тепловой градиент, толщина слоя и скорость лазера, дополняются данными от MeltPool-датчиков, которые фиксируют геометрию расплавленной зоны с частотой 500 Гц [5,13].

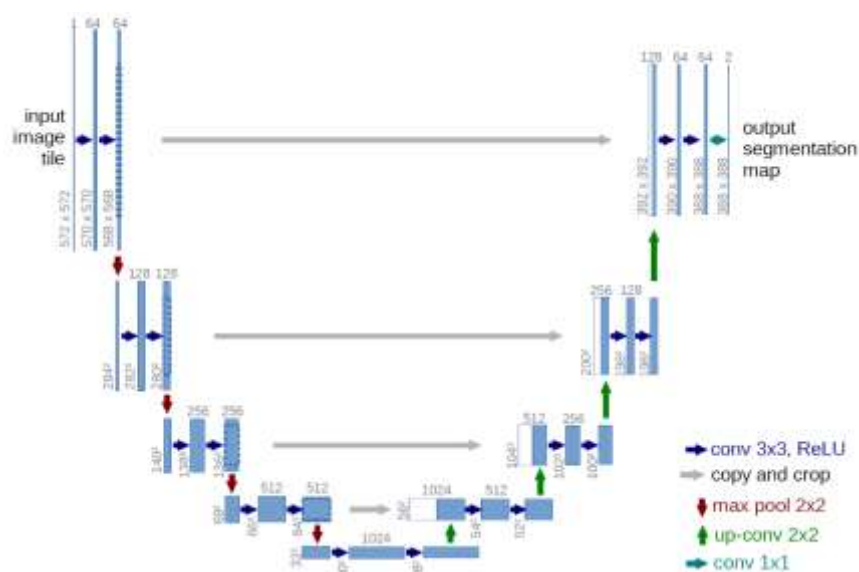


Рисунок 1 – Архитектура U-Net (пример для 32x32 пикселей в самом низком разрешении) [1].

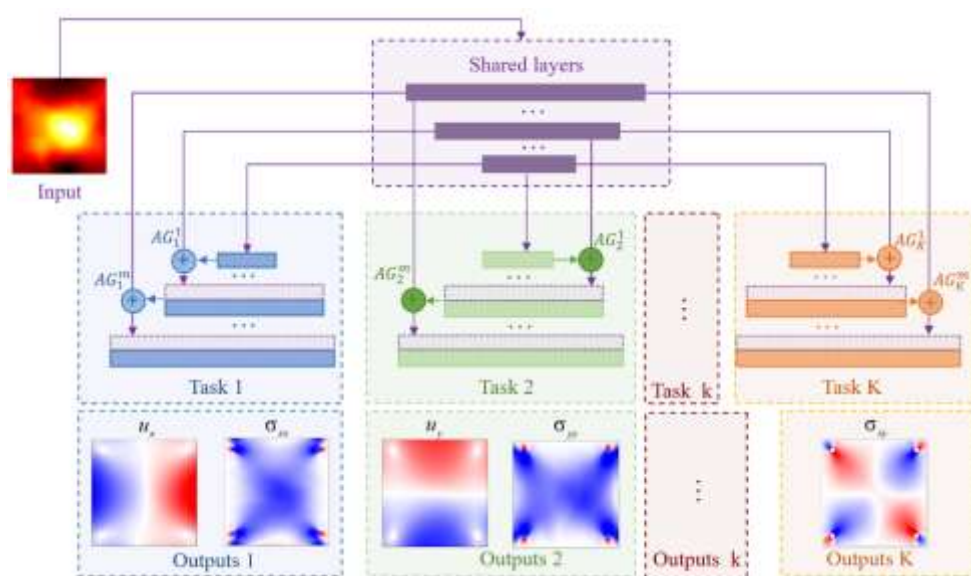


Рисунок 2 – Структура MTA-UNet [6].

Таблица 1 – Сравнение методов прогнозирования

Метод	Точность (%)	MAE (мкм)	Источник
PINN+ UNet	94	12	[7]
Традиционный FEA	88	18	[8]
Random Forest	85	20	[7]
SVM	82	22	[7]

Исследования показывают, что система AMAIZE (1000 Kelvin) с интегрированным, полностью автоматизированным ИИ-рабочим процессом, при автоматической коррекции термомеханических параметров, способна снижать время подготовки почти на 40% [9]. Цифровые двойники, которые имитируют деформацию на этапе проектирования, способны сократить цикл разработки на 30%.

Системы реального времени.

Современная платформа от компании NVIDIA Jetson Xavier NX – способна обеспечивать обработку данных с задержкой 25 мс на слой [10]. Новая интеграция с PrintRite3D способна автоматически корректировать параметры 3D-печати основываясь на термограмму, формируя при этом замкнутый контур управления. В сенсорную систему входит MeltPool-мониторинг с частотой 500 Гц, а также ОСТ-сканеры, которые анализируют структуру слоя в реальном времени с разрешением 10 мкм [11].

Проблемы и решения

При работе с таким материалом как инконель 718, операторы постоянно сталкиваются с проблемами неустойчивости моделей, из-за неоднородности термических свойств, а также высокой вязкопластичности материала. Методы борьбы с данными проблемами включают в себя **мультифизическое моделирование** — комбинация данных с FEM-симуляциями улучшает стабильность прогноза, **активное обучение** — оптимизация параметров на малых выборках ($N=50$) с использованием байесовских методов, а также **аугментация данных** — добавление шума и поворотов в обучающую выборку снижает ошибку обобщения [12].

Для других материалов, таких как титан Ti-6Al-4V, применение L1-регуляризации снижает MSE, а для алюминия AlSi10Mg использование Transfer Learning сокращает время обучения в 3 раза.

Заключение

Основными трендами 2025 года будет гибридное производство, которое сочетает 3D-печать с CNC, что позволит улучшать качество поверхности готовой продукции. Байесовская оптимизация, способная минимизировать количество экспериментов для многоцелевых задач – стоимость, скорость, точность. Устойчивость при ИИ оптимизации расхода материалов, позволит сократить углеродный след.

Современные подходы к АМ должны создавать симбиоз гибридных нейросетевых моделей (GAN, U-Net), аппаратных инноваций (MeltPool-датчики, Jetson Xavier), а также методов регуляризации, для повышения производительности.

Будущие исследования в данной сфере должны быть направлены на адаптацию моделей для мультиматериальных систем с градиентными свойствами, изучение ускорения оптимизации параметров в 100 раз, за счет квантовых вычислений, а также создание самообучающихся производственных линий через интеграцию с IoT.

Список литературы

1. Роннебергер О. U-Net: Свёрточные сети для биомедицинской сегментации изображений // Медицинская компьютерная томография и компьютерное вмешательство (MICCAI). 2015. URL: <https://lmb.informatik.uni-freiburg.de/people/ronneber/u-net/> (дата обращения: 13.02.2025).

2. Фюлоп А., Хорват А. Сквозное обучение глубоких нейронных сетей в частотной области // Mathematics. 2022. Т. 10. С. 2132. DOI: 10.3390/math10132132.

3. Лу Х., Хуан Я., Чжан Ч. и др. Достижения в глубоком обучении для микроскопии сверхвысокого разрешения (приглашённый доклад) // Laser & Optoelectronics Progress. 2024. Т. 61, № 16. Ст. 1611002. DOI: 10.3788/LOP6124161002.

4. Машинное обучение для физических наук: воркшоп на NeurIPS 2022 [ML for Physical Sciences Workshop at NeurIPS 2022]. URL: https://ml4physicalsciences.github.io/2022/files/NeurIPS_ML4PS_2022_92.pdf (дата обращения: 13.02.2025).

5. Рудской А.И., Волков К.Н., Соколов Ю.А., Кондратьев С.Ю. Цифровые производственные системы: технологии, моделирование, оптимизация. СПб.: СПбПУ, 2020. 828 с.

6. Маркидис С. Старое и новое: Могут ли физически информированные методы глубокого обучения заменить традиционные линейные решатели? // Mathematics. 2022. Т. 10. С. 603. DOI: 10.3390/math9100603.

7. NVIDIA Solutions. URL: <https://www.macnica.co.jp/en/business/semiconductor/manufacturers/nvidia/products/134046/> (дата обращения: 13.02.2025).

8. Сизая А. Моделирование теплопередачи и напряжений при лазерной сварке с использованием пакета FENICS // Английский язык в сфере профессиональных коммуникаций: Сб. докл. VII Всерос. молодежной науч. конф. Казань, 2021. С. 249-251.

9. Appercase News. URL: <https://www.appercase.ru/news/27220/> (дата обращения: 13.02.2025).

10. Assured Systems. URL: <https://www.assured-systems.com/nvidia-jetson-agx-xavier-for-new-era-of-ai-in-robotics/> (дата обращения: 13.02.2025).

11. Sigma Labs News. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/sigma-labs-printrite3d-platform-made-compatible-with-polymer-3d-printing-201503/> (дата обращения: 13.02.2025).

12. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61.

13. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120.

References

1. Ronneberger O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI). 2015. URL: <https://lmb.informatik.uni-freiburg.de/people/ronneber/u-net/> (accessed: 13.02.2025).

2. Fülöp A., Horváth A. End-to-End Training of Deep Neural Networks in the Fourier Domain // Mathematics. 2022. Vol. 10. P. 2132. DOI: 10.3390/math10132132.

3. Lu X., Huang Y., Zhang Z. et al. Advances in Deep Learning for Super-Resolution Microscopy (Invited) // Laser & Optoelectronics Progress. 2024. Vol. 61, No. 16. Art. 1611002. DOI: 10.3788/LOP6124161002.

4. Machine Learning for Physical Sciences: Workshop at NeurIPS 2022 [ML for Physical Sciences Workshop at NeurIPS 2022]. URL: https://ml4physicalsciences.github.io/2022/files/NeurIPS_ML4PS_2022_92.pdf (accessed: 13.02.2025).

5. Rudskoy A.I., Volkov K.N., Sokolov Y.A., Kondratyev S.Y. Digital Manufacturing Systems: Technologies, Modeling, Optimization. St. Petersburg: SPbPU, 2020. 828 p.
6. Markidis S. The Old and the New: Can Physics-Informed Deep Learning Replace Traditional Linear Solvers? // Mathematics. 2022. Vol. 10. P. 603. DOI: 10.3390/math9100603.
7. NVIDIA Solutions. URL: <https://www.macnica.co.jp/en/business/semiconductor/manufacturers/nvidia/products/134046/> (accessed: 13.02.2025).
8. Sizaya A. Simulation of Heat Transfer and Stresses in Laser Welding Using the FENICS Package // English in Professional Communication: Proc. VII All-Russian Youth Sci. Conf. Kazan, 2021. P. 249-251.
9. Appercase News. URL: <https://www.appercase.ru/news/27220/> (accessed: 13.02.2025).
10. Assured Systems. URL: <https://www.assured-systems.com/nvidia-jetson-agx-xavier-for-new-era-of-ai-in-robotics/> (accessed: 13.02.2025).
11. Sigma Labs News. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/sigma-labs-printrite3d-platform-made-compatible-with-polymer-3d-printing-201503/> (accessed: 13.02.2025).
12. Nikolenko, S.D., Kozodaev, S.P., Sazonova, S.A. Modeling of Internal Stresses Formation in Complex Material Structures // Modeling of Systems and Processes. 2024. Vol. 17, No. 2. Pp. 50-61. DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61.
13. Sazonova, S.A., Shcherbakova, I.V., Smetankina, G.I. Modeling of Leakage Diagnostics Process Based on Binary Hypothesis with Consideration of Stochastic Consumption Interference in Hydraulic Systems // Modeling of Systems and Processes. 2024. Vol. 17, No. 1. Pp. 111-120. DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТОРГОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ МАГАЗИНА

Мэй Ифань¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Эта работа фокусирует внимание на разработке информационной системы управления процессом торговли в магазинах. Разработка этой системы имеет большое значение в условиях волны дигитализации, когда традиционному управлению торговлей трудно удовлетворить спрос. Разработанные с помощью компьютеров, блок-схема IDEF0 и стратегия оптимизации системы направлены на создание систем с полной функциональностью, эффективностью, надежностью и адаптацией к изменениям в бизнесе. В своей работе подробно описывается процесс от анализа спроса до оптимизации всего процесса, обеспечивающий теоретическое и практическое руководство системной архитектуры, с тем чтобы повысить эффективность работы магазинов, удовлетворение клиентов и конкурентоспособность рынков.

Ключевые слова: Информационная система; Торговый процесс магазина; Проектирование с помощью ЭВМ; Блок-схема IDEF0; Оптимизация системы; моделирование.

DESIGN AN INFORMATION SYSTEM TO MANAGE THE TRANSACTION FLOW OF THE STORE

Mei Yifan¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This master's thesis focuses on the design of store transaction process management information system. Under the digital wave, the traditional transaction management is difficult to meet the demand, so it is of great significance to develop this system. Through computer-aided design, IDEF0 flow charts and system optimization strategies, we aim to create fully functional, efficient and reliable systems that adapt to business changes. The paper details the whole process from demand analysis to test optimization, provides theoretical and practical guidance for the system construction, and is expected to improve the store operation efficiency, customer satisfaction and market competitiveness.

Key words: Information system; Store transaction process; Computer aided design; IDEF0 flow chart; System optimization; Simulation modeling.

В эпоху дигитализации, рост объема торговли в магазинах, сложность обработки спроса на торговлю, и традиционный способ ручного или полу-автоматического управления транзакцией с трудом удовлетворяет требования эффективной, точной и своевременной обработки информации о сделках. Разработка специализированных информационных систем может повысить скорость обработки транзакций, уменьшить ошибки, обеспечить поддержку данных для анализа принятия решений, оптимизировать важные бизнес-элементы, такие как управление складами, обслуживание отношений с клиентами и финансовое урегулирование. Система управления оперативной информацией в зарубежных магазинах функционирует в полной мере, используя облачную вычислительную распределительную архитектуру с SOA, а для хранения данных используется большая реляционная база данных или распределенная база данных NoSQL, но разработка стоит дорого и поддерживает сложности. Внутренние системы ориентированы на функцию локализации и используют архитектуру B/S, связывающую облачную память, но анализ данных недостаточно глубок и ограничен. Содержание исследований включает в себя исследования и анализ, принципы системного проектирования и рамки системного дизайна, моделирование систем, основанное на компьютерных инструментах разработки, применение блок-карт IDEF0 и оптимизацию стратегий и технологий системы.

Метод IDEF0 состоит в том, чтобы описать методы моделирования функциональной деятельности системы, которые могут быть централизованы, разбивая ее на несколько функциональных модулей, функционирующих через графическую демонстрационную систему. Его принципы основаны на структурированных аналитических методах, в которых символьная система состоит из коробки, представляющей функциональную деятельность, а стрела представляет собой входное, выходное, управление и механизмы. В управлении торговым процессом в магазинах блок-схема IDEF0 представляет сложность процесса торгов и находит узкие места и точки оптимизации эффективными инструментами системного проектирования и коммуникации. Систематическая оптимизация включает в себя такие оптимизированные методы, как линейное планирование и целочисленное планирование в операционных системах, которые широко применяются в области распределения ресурсов и координации. Технология оптимизации, часто используемая в информационных системах, оптимизирует базу

данных (оптимизация индекса, запроса), оптимизация кода (оптимизация алгоритма, оптимизация управления памятью), оптимизация архитектуры системы (распределенная архитектура, технология кэширования). Информационная система управления торговлей в магазинах должна выбирать подходящие теории и технологии для оптимизации на основе своих характеристик и потребностей.

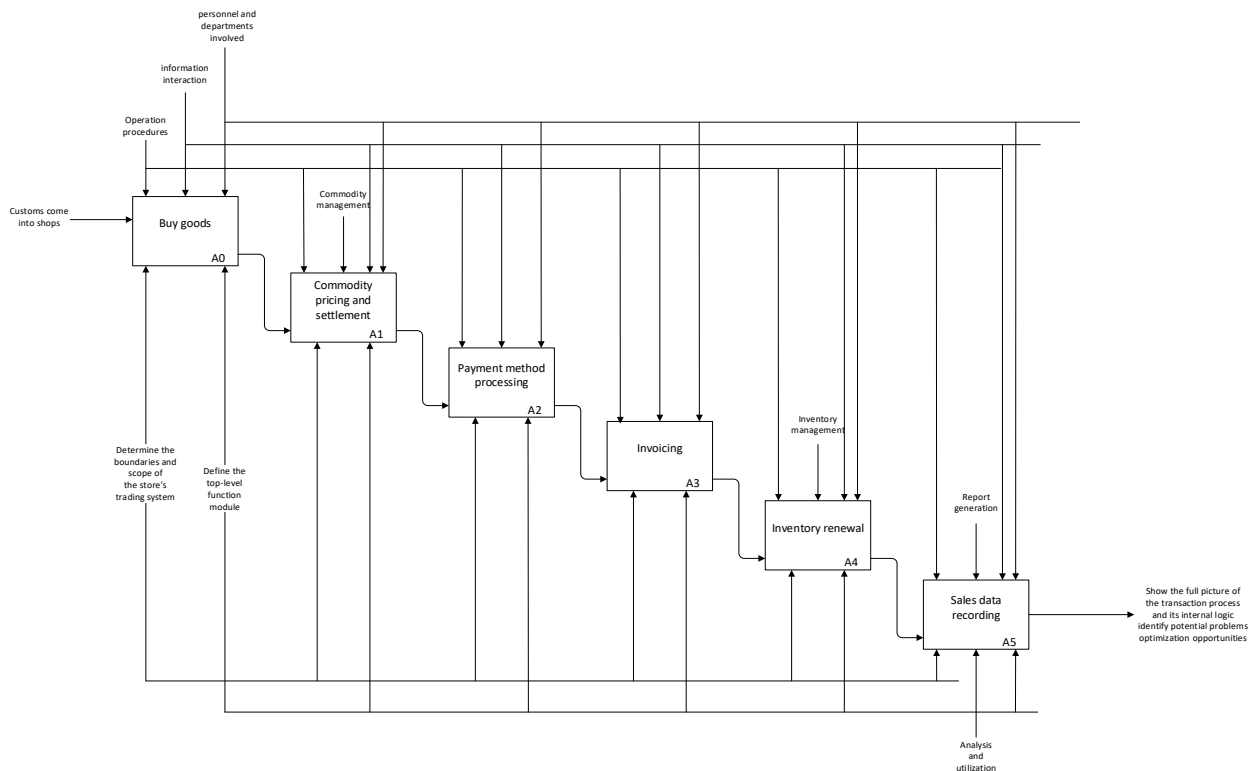


Рисунок 1 – Магазины торгуют в целом

Общий процесс торговли в магазинах состоит из циклов, в которых покупатели заходят в магазин, чтобы купить товары, рассчитать и рассчитать товары, оплатить их, открыть счета, обновить инвентарные запасы и получить данные о продажах. Анализ действий каждого сегмента, касающегося персонала и сектора, а также взаимодействия информации. Определение границ и границ торговых систем магазинов, определение верхних функциональных модулей, постепенное разложение их на различные уровни подфункциональных модулей, составление полноценных функциональных моделей торгового процесса магазина IDEF0, отображение общей схемы торговых процессов и их внутренних логических связей, обнаружение потенциальных проблем и возможностей оптимизации. Необходимо уделять особое внимание стратегии реагирования в разработке информационных систем, а также вопросам совместимости и безопасности многих видов платежей, достоверности информации в реальном времени, эффективному анализу и использованию данных о продаже.

Функциональный спрос включает в себя функции модулей управления товарами, обработки транзакций, управления складами, генерации отчетности и т.д. Нефункциональный спрос включает в себя такие аспекты, как производительность, безопасность, доступность, расширяемость и т.д. Приведены примеры, показывающие взаимодействие пользователя с системным функциональным модулем, в которых список функциональных требований подробно описывает конкретные требования функционального модуля. Архитектура В/S не нуждается в установке специального программного обеспечения на клиентской части, имеет многоплатформатную, легко модернизированную и расширенную для большинства магазинов; Архитектура С/S имеет преимущество, когда графическая обработка требует высоких и нестабильных сетей. Говорит о Том, что слой отвечает за взаимодействие с пользователем, принимает его ввод и демонстрирует результаты обработки; Бизнес-логический слой обработки бизнес-логики — это ядро системы; Слой доступа к данным взаимодействует с базой данных, реализуя преобразование данных; Все данные хранятся на уровне базы данных.

Конфигурация аппаратной среды включает в себя выбор серверов, клиентского оборудования и сетевого оборудования; Конфигурация программного обеспечения включает в себя выбор операционной системы, системы управления базой данных, языка и фреймворка. Составьте диаграмму E-R, определите сущность в системе (товары, покупатели, заказы и т.д.) и ее атрибуты и взаимосвязь. Детальное описание процесса проектирования базы данных, генерирование документов, разработанных базами данных, предоставление инструкций для разработки и поддержания системы. Включая ввод, запрос, модификацию и функции нижней полки, с подробным описанием внутренней логики и процессов работы всех функций. Охватываю стоимость, расчет, обработку платежей, функции генерации счетов. Содержит инвентарные инвентарные инвентарные инвентарные инвентарные данные, напоминание о пополнении грузов, функции перевода запасов.

Сгенерированные отчеты по продажам, инвентарные отчеты, финансовые отчеты. Включая управление пользователем, управление доступом, резервное копирование данных и функции восстановления. Разработка каждого функционального модуля с помощью функциональной схемы модуля, блок-схемы и т.д.

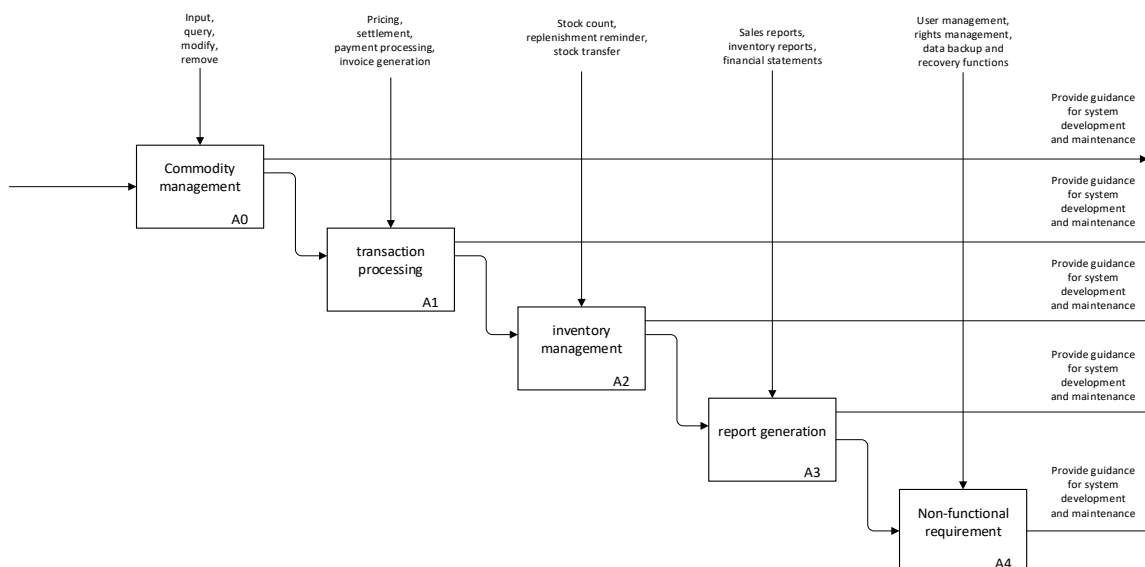


Рисунок 2 – Схема модуля функциональной торговли магазинов

Анализируя тенденции изменения спроса в магазинах, предлагая программы функциональной оптимизации, интегрировать функции, собирать обратную связь и усовершенствовать ее с использованием функционального прототипа. Использование мультифакторного сертификата и динамического управления, с тем чтобы повысить безопасность счета и гибкость в управлении им. Для хранения и передачи чувствительных данных используется алгоритм шифрования AES и протокол SSL/TLS для обеспечения безопасности данных. Рационально настроенные брандмауэры, развертывание систем обнаружения и защиты вторжения, регулярное сканирование и оценка уязвимости системы безопасности, обеспечение безопасности системы.

Включая установку и конфигурацию серверов, установку и настройки клиентского программного обеспечения, миграцию и инициализацию данных, подготовку персонала, интеграцию систем с существующими бизнес-процессами, а также работу системы в режиме пик торгов, показывающую применение системы в реальных случаях. Создан сделк рассмотрен эффективн показатель (средн сделк врем обработк, кажд час сделк ChuLiLiang), Дан точност показатель (инвентаризац точност Дан, показатель продаж точност), удовлетворен клиент показатель (клиент жалоб, клиент рейтинг), эксплуатацион расход показатель (уровен человеческ издержк сэконом, затрат на инвентаризац уменьш уровень), источник сбор Дан на магнитн отделн показатель расчет. Сбор фактических данных по проведению операций, вычисление оценочных значений, сравнение с данными до при-

менения системы, анализ степени влияния применения системы на все ее аспекты, суммирование преимуществ системы и ее неадекватность и создание предложений по улучшению.

Список литературы

1. Титов, М. Ю. Пути повышения эффективных способов защиты информации в беспилотных летательных аппаратах двойного назначения / М. Ю. Титов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 82-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN IQOQPI.
2. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.
3. Курипта, О. В. Архитектурное решение проектирования сервисов пространственно-временной навигации в образовательных учреждениях / О. В. Курипта, О. В. Минакова, И. В. Поцебнева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 65-72. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-65-72. – EDN CNSEZA.
4. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.
5. Бугаев, Ю. В. Анализ моделей и алгоритмов оптимизации раскроя одномерных лесоматериалов / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.
6. Грибанов, А. А. Моделирование процесса комбинированного полива с использованием электрохимически активированной воды в теплицах / А. А. Грибанов, А. А. Мещерякова, А. В. Стариков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.
7. Полуэктов, А.В. Моделирование колебательных процессов в пакете MVSTUDIUM / А.В. Полуэктов, К.В. Зольников, В.И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

References

1. Titov, M. Yu. Ways to Improve Effective Information Protection Methods in Dual – Purpose Unmanned Aerial Vehicles / M. Yu. Titov // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 82 – 92. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 2 – 82 – 92. – EDN IQOQPI.
2. Vysotskaya, I. A. Justification of Information – Intellectual Support for the Principles of Action of Technical Systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 19 – 26. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 1 – 19 – 26. – EDN DCEATL.
3. Kuripta, O. V. Architectural Solution for Designing Spatio – Temporal Navigation Services in Educational Institutions / O. V. Kuripta, O. V. Minakova, I. V. Pocebneva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 65 – 72. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 1 – 65 – 72. – EDN CNSEZA.
4. Increasing the Formalization of Tasks in Verifying Topology and Electrical Schematics for Automated Design Systems / A. V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A. V. Achkasov, Yu. A. Chevychelov // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 102 – 111. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 1 – 102 – 111. – EDN QIKKRO
5. Bugaev, Yu. V. Analysis of models and algorithms for optimizing the cutting of one-dimensional timber / Yu. V. Bugaev, L. A. Korobova, I. Y. Shurupova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.
6. Griбанov A. A., Meshcheryakova A. A., Starikov A.V. Modeling of the combined irrigation process using electrochemically activated water in greenhouses // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.
7. Poluektov, A.V. Modeling of oscillatory processes in the MVSTUDIUM package / A.V. Poluektov, K.V. Zolnikov, V.I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СИМУЛЯЦИОННОГО И СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Мэй Ифань¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В этой статье мы подробно обсудим процесс моделирования и стохастическое моделирование. Этап процесса моделирования заключается в моделировании реальной системы путем создания модели системы и ее запуска. Стохастическое моделирование предназначено для устранения неопределенности эксперимента, поскольку неопределенность является важным фактором, который в значительной степени влияет на результаты эксперимента. Поэтому для моделирования стохастического процесса используется вероятностно-статистический метод. В этой статье излагается ряд проблем и методов, таких как концепция и тип этих двух методов. Чтобы более подробно описать их преимущества и характеристики, я подробно остановлюсь на каждой функции в сочетании с примерами.

Ключевые слова: процесс моделирования; стохастическое моделирование; анализ неопределенности; Поддержка принятия решений.

INTRODUCTION, SIMULATION PROCESS AND STOCHASTIC MODELING

Mei Yifan¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper is to discuss the simulation process and stochastic modeling in depth. The step of the simulation process is to simulate the real system by establishing a system model and running it. Stochastic modeling is to solve and dispose of the uncertainty of the experiment, because uncertainty is an important factor that greatly affects the experimental results. Therefore, the probability and statistics method is used to model the stochastic process. In this paper, a series of problems and methods such as the concept and type of the two are expounded. In order to describe their advantages and characteristics in more detail, I will elaborate each feature in combination with examples.

Key words: Simulation process; Stochastic modeling; Uncertainty analysis; Decision support.

Моделирование представляет собой методологию, основанную на создании виртуальных представлений систем и последующем проведении многократных экспериментов для анализа их производительности и результатов. Этот подход позволяет изучать поведение систем в условиях, которые невозможно или крайне сложно воссоздать в реальности. С его помощью можно оценить адаптацию системы к различным сценариям, проверить её эффективность, удобство использования и другие характеристики. Такой метод предоставляет интуитивное понимание особенностей работы системы, существенно экономя ресурсы и увеличивая общую продуктивность. В современном мире моделирование имеет огромный практический потенциал.

В зависимости от типа исследуемых систем выделяют три ключевых класса процессов моделирования. Первый класс — это моделирование непрерывных систем, где состояние системы изменяется плавно во времени. Для таких систем часто используются дифференциальные уравнения, позволяющие точно учитывать временные параметры. Второй класс — дискретные системы, характеризующиеся резкими изменениями состояния в определённые моменты времени. Каждое новое состояние здесь возникает как следствие конкретного события. Третий класс — гибридные системы, сочетающие в себе как непрерывные процессы, так и дискретные события. Эти системы объединяют особенности первых двух типов, что делает их более сложными и менее предсказуемыми.

Что касается этапов имитации, то важно начинать с чёткого формулирования целей моделирования. Необходимо определить граничные условия и рамки эксперимента, чтобы обеспечить структурированность всего процесса. Например, при моделировании производственной системы нужно ответить на вопросы: "Какой продукт мы создаём?" "Какова последовательность операций?" "Какое оборудование задействовано?" и т.д. На следующем этапе создаётся модель, которая отражает реальную систему согласно поставленным задачам. После этого проводится верификация модели: сравниваются реальные данные с полученными результатами, анализируются возможные расхождения и их причины. Это гарантирует достоверность и точность симуляции.

После завершения проверки разрабатывается план эксперимента, включающий входные параметры, ключевые метрики и процедуры. Затем используется специализированное программное обеспечение для проведения моделирования.

Оно отслеживает работу системы в реальном времени и фиксирует важные показатели. На заключительном этапе проводится детальный анализ результатов, который помогает сделать выводы, применимые для управления производством. Каждый шаг этого процесса требует внимательного выполнения, так как ошибки могут существенно повлиять на конечные результаты.

Метод моделирования активно применяется в различных сферах деятельности. В инженерной практике, например, в машиностроении, электротехнике и аэрокосмической промышленности, он используется для оценки качества продукции, оптимизации производственных процессов и диагностики неисправностей технических систем. В научных исследованиях, таких как физика, химия и биология, моделирование служит мощным инструментом для изучения сложных явлений и процессов. Например, с его помощью можно смоделировать изменения климата, что позволяет прогнозировать будущие тренды и разрабатывать соответствующие стратегии в метеорологии.

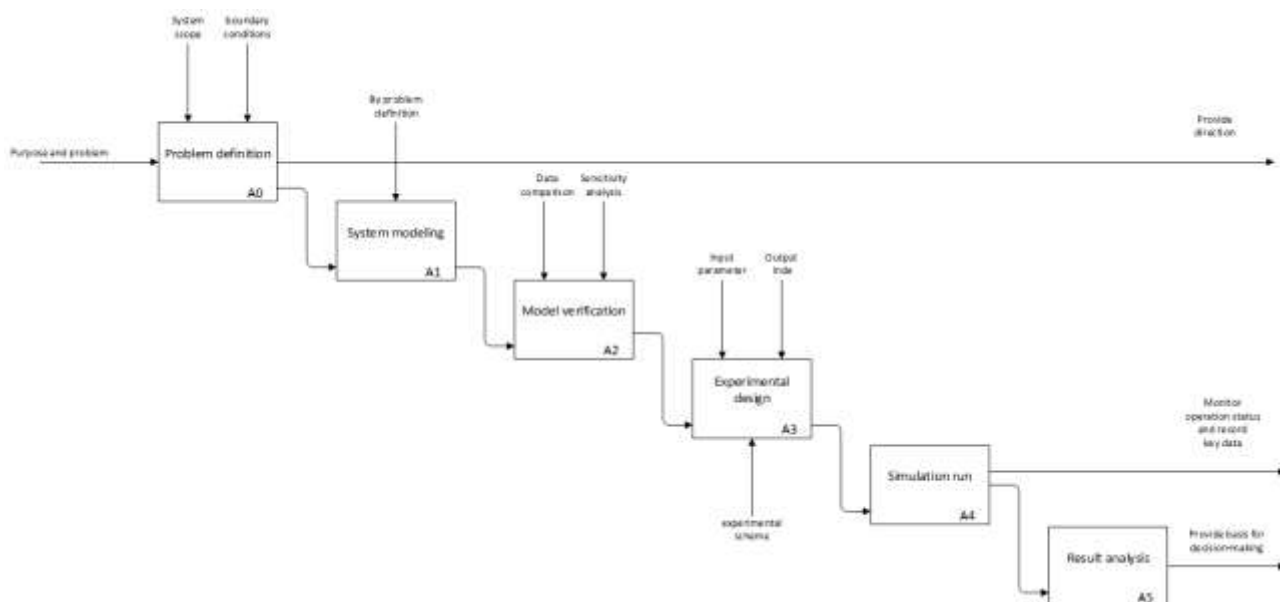


Рисунок 1 –Эмулированная схема ступенек

Стохастическое моделирование представляет собой особый вид математического моделирования, который использует вероятностные и статистические методы для описания систем с элементами случайности или неопределенности. Этот подход позволяет соединить математические расчеты с реальными процессами, сохраняя при этом соответствие математическим принципам.

Применение стохастического моделирования открывает возможности для оценки рисков, прогнозирования будущих изменений и повышения обоснованности принимаемых решений. Поскольку результаты зависят от случайных величин, такая симуляция становится более близкой к реальным условиям и менее

предсказуемой. Несмотря на то что точное моделирование подобных процессов может быть сложным, этот метод считается наиболее эффективным для анализа сложных явлений.

Одним из главных преимуществ данного подхода является способность детально учитывать случайные характеристики в сложных системах. В отличие от детерминированного моделирования, которое проще и технически, но ограничено в возможностях анализа, стохастический метод обеспечивает более глубокое понимание динамики исследуемых процессов.

Комбинирование традиционного моделирования со стохастическим позволяет компенсировать недостатки обоих методов. Например, такие факторы как внешние помехи, случайные шумы или колебания параметров могут быть учтены только через использование стохастического подхода. Это помогает точнее описать динамические закономерности и характеристики распределения, что значительно увеличивает достоверность моделирования. Кроме того, такой метод полезен для оптимизации решений, поскольку учитывает динамические факторы, которые часто остаются вне поля зрения при обычной имитации.

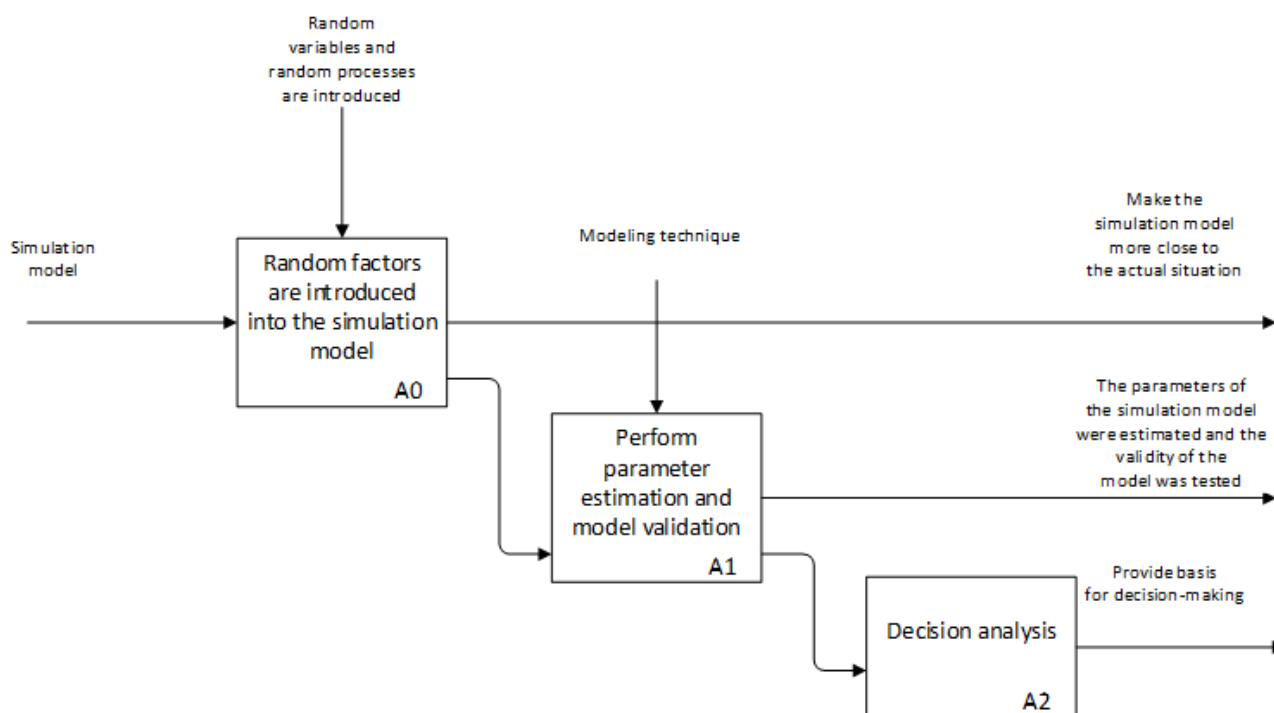


Рисунок 2 – Схема методов, связывающая процесс моделирования с случайным моделированием

Интеграция стохастического моделирования в существующие симуляционные системы требует точного задания параметров и постоянной корректировки структуры модели. Например, добавление случайных переменных в производственные процессы помогает учесть такие аспекты, как задержки оборудования или изменения сроков выполнения заказов. Повторное использование методов стохастического моделирования для тестирования параметров значительно повышает точность последующих экспериментов.

Данный подход широко применяется в различных сферах. В управлении цепочками поставок сочетание симуляции и стохастического моделирования способствует повышению эффективности за счет оптимизации запасов, расширения выбора поставщиков и разработки планов действий на случай чрезвычайных ситуаций. В финансовом секторе он используется для анализа колебаний рыночных цен и учета неопределенностей на аналитических рынках, что помогает принимать более обоснованные инвестиционные решения.

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.
2. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
3. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
4. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.
5. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование

систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

6. Ищенко, Е. А. Применение технологий электродинамического моделирования для определения эффективной площади рассеяния малых объектов / Е. А. Ищенко, С. М. Федоров, Д. М. Федоров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.

References

1. Computer Modeling of the Operational Capability of Finishing Procedures and Parasitic Elements in the Software – Hardware Complex for Microcircuit Design / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 106 – 115. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 104 – 113. – EDN NICLOY.

2. Creation of Means for Checking an Electrical Circuit Using a Circuit of Test External Influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 36 – 44. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 34 – 42. – EDN EAGOOO.

3. Yurchikina, M. V. The Algorithmic Model of the SPPR “Optimal Study Plan” / M. V. Yurchikina, K. I. Bushmeleva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 84 – 95. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 4 – 84 – 95. – EDN OJFBGD.

4. Mathematical Support of an Information – Control System for Storing Products with a Limited Shelf Life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 7 – 18. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 1 – 7 – 18. – EDN CXBIVK.

5. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

6. Ishchenko, E. A. Application of electrodynamic modeling technologies to determine the effective scattering area of small objects / E. A. Ishchenko, S. M. Fedorov, D. M. Fedorov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

А.К. Назарова¹, Т.В. Скворцова¹, А.С. Кравченко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье анализируется моделирование, используемое для защиты систем. Имитационное моделирование – это распространенный вид аналогового моделирования, реализуемый с использованием набора математических инструментов, специальных программ компьютерного моделирования и специальных ИТ-инструментов, позволяющих создавать аналоговые процессы в памяти компьютера, с помощью которых можно проводить целенаправленное изучение структуры и функций реальной системы в режиме ее "имитации", а также оптимизировать некоторые из его параметров.

Ключевые слова: защита, система, имитационное моделирование.

USING SIMULATION MODELING TO EFFECTIVELY PROTECT SYSTEMS

A.K. Nazarova¹, T.V. Skvortsova¹, A.S. Kravchenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper analyzes the simulation used to protect systems. Simulation modeling is a common type of analog modeling implemented using a set of mathematical tools, special computer simulation programs, and special IT tools that allow creating analog processes in computer memory, with which you can conduct a targeted study of the structure and functions of a real system in its "imitation" mode, and optimize some of its parameters.

Keywords: protection, system, simulation modeling.

Имитационное моделирование представляется в виде математического моделирования в сочетании с компьютерными технологиями. Создаются такие модели для наглядного и точного описания характеристик конкретных объектов.

На основе подобных моделей, возможно помимо обычного объяснения, предсказать то, как поведет та или иная система на практике.

Имитационное моделирование обращаются в следующих случаях:

- Если затраты на проведение экспериментов на реальном объекте или системе слишком велики, или проведение таких экспериментов в принципе невозможно.
- Если имитационная модель имеет наличие многих случайных переменных которые нельзя математически просчитать.

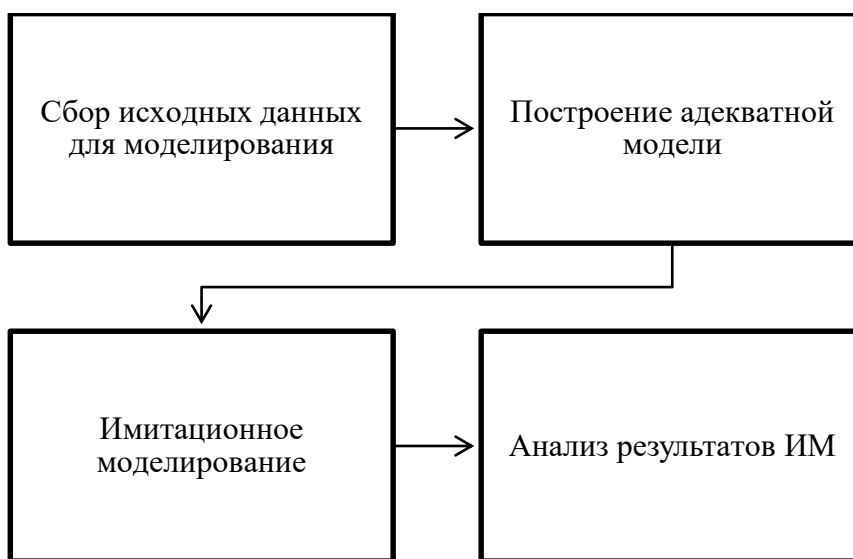


Рисунок 1 – Этапы построения имитационной модели

Информационная среда появилась с переходом нашего общества от пост-индустриального периода к информационному периоду. В котором качество обмена информацией через информационные сети, такие как, скорость, надежность, и конфиденциальность, стали ключевыми факторами, как для обычного пользователя, так и для транснациональных компаний и государств. Информационная среда, состоит из набора сегментов, затрагивающих разные аспекты жизни человека: программные средства, информационные и медиа ресурсы. Создавая целые организм, как грибница, она так же подтверждена потенциальным угрозам, со стороны злоумышленников, так и со стороны пользователей и человеческого фактора.

Обычное разрозненное исследование угроз безопасности информационных сетей может не дать комплексного виденья сильных и слабых сторон защиты сети. Поэтому не редко к подобному анализу проектов, используют имитационное моделирование.

Блочный принцип имитационных моделей, позволяет разбить любую систему на визуально понятные и читаемые блоки, связанные между собой определенным числом связей. На основе результатов работы с имитационными моделями, достаточно просто заменять отдельные блоки, не нарушая основную структуру модели.

Так же имитационные модели позволяют просчитать риски и последствия различных нарушений работы сети, как из-за внешних атак, так и из-за халатности личного персонала. Что в свою очередь позволяет выстроить алгоритм действий при той, или иной ситуации, а также просчитать финансовые потери.

Благодаря функционалу имитационного моделирования, можно рассмотреть не только критические ситуации информационной сети, но так же спрогнозировать производительность сети или конкретных ее частей. Оптимальные пути ее развития, оптимизация затрачиваемых компьютерных или сетевых ресурсов.

Основным направлением развития имитационных моделей будет использование машинного обучения. В анализе информационных систем, ИИ может предсказывать поведение, как пользователей, так и хакеров, воссоздавая максимально точное поведение и тактику атак на сетевую инфраструктуру.

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что имитационное моделирование как никогда актуально, и имеет пути развития. Благодаря проведению достаточно точных экспериментов, не подвергая риску реальную инфраструктуру. Рассматривая сеть в полном ее исполнении или конкретную ее часть, заменяя ее отдельные модули, под определенные цели и задачи. Позволяет использовать данный метод, как на обычном пользовательском уровне, так и в стратегически важных отраслях, таких как медицина, производственные линии или оборонная промышленность.

Список литературы

1. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
2. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

3. Высоцкая, И. А. Обоснование методов поиска принципов действия сложных технических систем и объектов / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.

4. Карпов В.В. Вероятностная модель оценки защищенности средств вычислительной техники с аппаратно-программным комплексом защиты информации от несанкционированного доступа. // Программные продукты и системы. – 2003. – №1. – С. 31

5. Девянин П.Н., Михальский О.О. и др. Теоретические основы компьютерной безопасности. – М.: Радио и связь, 2000.

References

1. Yurchishina, M. V. Algorithmic model of the DSS "Optimal curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.

2. Vysotskaya, I. A. Substantiation of information and intellectual support for the principles of operation of technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

3. Vysotskaya, I. A. Substantiation of methods of searching for principles of operation of complex technical systems and objects / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.

4. Karpov V.V. Probabilistic model for assessing the security of computer equipment with a hardware and software package for protecting information from unauthorized access. // Software products and systems. – 2003. – No. 1. – p. 31

5. Devyanin P.N., Mikhalsky O.O. and others. Theoretical Foundations of computer security. Moscow: Radio and Communications, 2000.

МЕЖПРОЦЕССНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

О.В. Оксюта¹, В.А. Иванников¹, А.В. Толкачев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Работа посвящена описанию межпроцессного взаимодействия в микросервисной архитектуре. Представленная информация может быть использована для построения высоконагруженных, распределенных сервисов. Статья не предлагает исчерпывающий ответ на вопрос, как необходимо выстраивать межпроцессное взаимодействие, а лишь описывает возможные варианты построения архитектуры.

Ключевые слова: агрегат, брокеры сообщений, REST, микросервисная архитектура.

INTERPROCESS COMMUNICATION IN A MICRO-SERVICE ARCHITECTURE

O.V. Oksuyta¹, V.A. Ivannikov¹, A.V. Tolkachev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper is devoted to the description of interprocess communication in a micro-service architecture. The information provided can be used to build highly loaded, distributed services. The article does not offer an exhaustive answer to the question of how to build interprocess communication, but only describes possible options for building an architecture.

Keywords: aggregate, message brokers, REST, micro service architecture.

Хорошей практикой является выстраивание всей архитектуры целевой системы вокруг бизнес-объектов. Можно определить набор ключевых бизнес-объектов, называемых агрегатами, и реализовывать бизнес-логику вокруг этих целевых объектов.

Доменные события – события, которые генерируются агрегатом при его создании, обновлении или удалении. Сообщения могут быть типа события и типа

команда/ответ. Сообщение типа событие передается с помощью брокеров сообщений (Kafka, RabbitMQ, JMS...). Сообщений типа команда/ответ обычно передается в виде HTTP-запросов применяя концепцию REST. Между сервисами лучше взаимодействовать через обмен сообщениями, а между приложениями – через REST.

При проектировании сервисов лучше всего определить набор операций, которые будут выполняться сервисом. Таким образом изначально будет ясна зона ответственности сервисов. Если будет очевидно, что у одного сервиса слишком много зон ответственности – это знак, что следовало бы декомпозировать его на несколько сервисов. Таким образом, описание сервиса должно начинаться с его API, так повысится шанс, что сервис будет удовлетворять потребностям клиентов.

Семантическое версионирование

Программное обеспечение постоянно нуждается в доработках и изменении кодовой базы. Это связано с внесением новой функциональности в приложение, выполнением требований информационной безопасности или банально с исправлением дефектов. В связи с этим есть необходимость версионировать изменения кода в целях обратной совместимости. Существует 3 типа изменений: major, minor, patch

MAJOR – при внесении в API несовместимого изменения;

MINOR — при изменении API с сохранением обратной совместимости;

PATCH — при исправлении ошибки с сохранением обратной совместимости.

Major-версию можно сделать частью url. Например, чтобы обратиться к версии 1.x сервиса, клиент выполнит такой запрос:

GET /orders/xyz HTTP/1.1

Accept: application/vnd.example.resource+json; version=1

Этот запрос говорит сервису о том, что клиент ожидает получить ответ версии 1.x.

Если сервис задействует обмен сообщениями, то можете включать номер версии в публикуемые сообщения.

REST

Ресурс – ключевая концепция REST. Он представляет отдельный бизнес-объект, для взаимодействия с которым нужно выполнять HTTP-запросы. Существуют даже отдельные концепции, описывающие работу с REST, например, HATEAOS.

Основной его смысл в том, что представление ресурса, возвращаемое GET-запросом, содержит ссылки для выполнения действий с этим ресурсом.

Например, клиент может отменить заказ с помощью ссылки в представлении, полученном в результате GET-запроса, который этот заказ извлек. В число преимуществ HATEOAS входит то, что вам больше не нужно встраивать URL-адреса в клиентский код.

Обнаружение сервисов

IP-адреса сервисов динамические. Приложение должно автоматически обнаруживать сервисы.

Ключевой компонент обнаружения – реестр сервисов: бд с информацией о том, где находятся экземпляры сервисов. Когда экземпляры сервисов запускаются и останавливаются, механизм обнаружения обновляет реестр.

Когда клиент обращается к сервису, механизм обнаружения получает список его доступных экземпляров, запрашивая реестр, и направляет запрос одному из них. Для вызова сервиса клиент сначала обращается к реестру, чтобы получить список его доступных, а затем шлет запрос одному из них.

Одно из преимуществ обнаружения на уровне приложения(самообнаружение) – возможность разворачивания на разных платформах.

Если часть сервисов развернута в k8s, а часть в Legacy – то обнаружение с использованием Eureka охватывает обе среды, тогда как k8s охватывает только k8s.

Обычно предпочтительно задействовать механизмы обнаружения, предоставляемые инфраструктурой развертывания (Docker, k8s).

Платформа развертывания выдает каждому сервису DNS-имя, виртуальный IP-Адрес и привязанное к нему доменное имя.

Клиент делает запрос к DNS-имени/VIP, а платформа развертывания автоматически направляет его к одному из доступных экземпляров сервиса.

В итоге регистрация и обнаружение сервисов, а также маршрутизация запросов выполняются самой платформой.

Платформа развертывания включает в себя реестр с информацией об IP-адресах развернутых сервисов.

Этот подход имеет 2 шаблона:

- * сторонняя регистрация

сервис не прописывает себя в реестре сам, за него это делает компонент регистратор, который обычно является частью платформы развертывания и отвечает за регистрацию;

* обнаружение на стороне сервера

вместо того чтобы обращаться к реестру, клиент делает запрос к DNS-имени, которое направляет его к маршрутизатору запросов, а тот в свою очередь идет в реестр и балансирует нагрузку.

Взаимодействие с помощью асинхронного обмена сообщениями

В асинхронной модели обмена сообщениями без брокера, клиент, ожидающий ответа, не блокируется, а ждет...)))

Сообщение состоит из заголовка и тела. Заголовки – метаданные, которые описывают отправляемую информацию. Там содержится идентификатор сообщения и reply-адрес. Обмен сообщениями по своей природе асинхронен, но клиент может блокироваться, ожидая ответа.

При реализации асинхронных запросов-сообщений в заголовок сообщения кладется имя канала-ответа. Сервер записывает в этот канал свой ответ, содержащий идентификатор соответствия(correlationId) с тем же значением, что и id-запроса.

пример заголовков:

* msgId

* ReplyChannel

Список литературы

1. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг. — 3-е издание. Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1440 с.

2. Курипта, О. В. Архитектурное решение проектирования сервисов пространственно-временной навигации в образовательных учреждениях / О. В. Курипта, О. В. Минакова, И. В. Поцобнева // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 65-72.

3. Мартин, Р. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг / Р. Мартин. — СПб.: Питер, 2013. — 464 с.

4. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцобнева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 84-92.

5. Ричардсон, К. Микросервисы. Паттерны микросервисной архитектуры / К. Ричардсон. — Майнинг, 2019. — 554 с.

6. Сидоров, А. А. Проектирование информационных систем / А. А. Сидоров. – СПб.: Издательство, 2019. – 318 с.

7. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87.

References

1. Connolly, T. Databases. Design, implementation and maintenance. Theory and practice. / T. Connolly, K. Begg — 3rd edition. Translated from English — M. : Publishing house "Williams", 2003. — 1440 p.

2. Kuripta, O. V. Architectural solution for designing space-time navigation services in educational institutions / O. V. Kuripta, O. V. Minakova, I. V. Potsebnova // Modeling systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 65-72.

3. Martin, R. Clean code: creation, analysis and refactoring / R. Martin. — St. Petersburg: Peter, 2013. — 464 p.

4. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the example of the Sakhan project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebnova, P. Yu. Gusev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 84-92.

5. Richardson, K. Microservices. Patterns of microservice architecture / K. Richardson. – Mining, 2019. — 554 p.

6. Sidorov, A. A. Designing information systems / A. A. Sidorov. — St. Petersburg: Publishing House, 2019. — 318 p.

7. Sumin, V. I. Development of a network model of target installations of complex organizational systems for special purposes / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, S. V. Rodin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 79-87.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЕТА ПРОДУКЦИИ СКЛАДА ПРЕДПРИЯТИЯ

О.В. Оксюта¹, Н.С. Белоштанов¹, И.С. Кущева¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье приводятся результаты проектирования базы данных для склада предприятия, которая упростит учет продукции. Спроектирована логическая и физическая модель базы данных склада, база данных приведена к третьей нормальной форме.

Ключевые слова: автоматизация складских операций, оптимизация складского учета, база данных, складское хранение.

DESIGNING A DATABASE FOR ACCOUNTING THE PRODUCTS OF THE ENTERPRISE WAREHOUSE

O.V. Oksuyta¹, N.S. Beloshtanov¹, I.S. Kushcheva¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article presents the results of designing a database for an enterprise warehouse, which will simplify product accounting. A logical and physical model of the warehouse database has been designed, and the database has been reduced to the third normal form.

Key words: automation of warehouse operations, optimization of warehouse accounting, database, warehousing.

От правильной организации и структурирования данных зависит скорость доступа к информации, точность учета, оптимизация бизнес-процессов и минимизация ошибок. В условиях современного бизнеса, где требуются гибкость и оперативность, хорошо спроектированная база данных позволяет обеспечить полный контроль над складскими операциями.

Логическая модель базы данных является абстрактным представлением структуры данных в базе данных, которая определяет, как информация будет организована, храниться и взаимодействовать между сущностями в базе данных.

Логическая модель базы данных описывает схему базы данных, определяя таблицы, их атрибуты (столбцы) и связи между таблицами.

Спроектированная логическая модель базы данных представлена на рисунке 1.

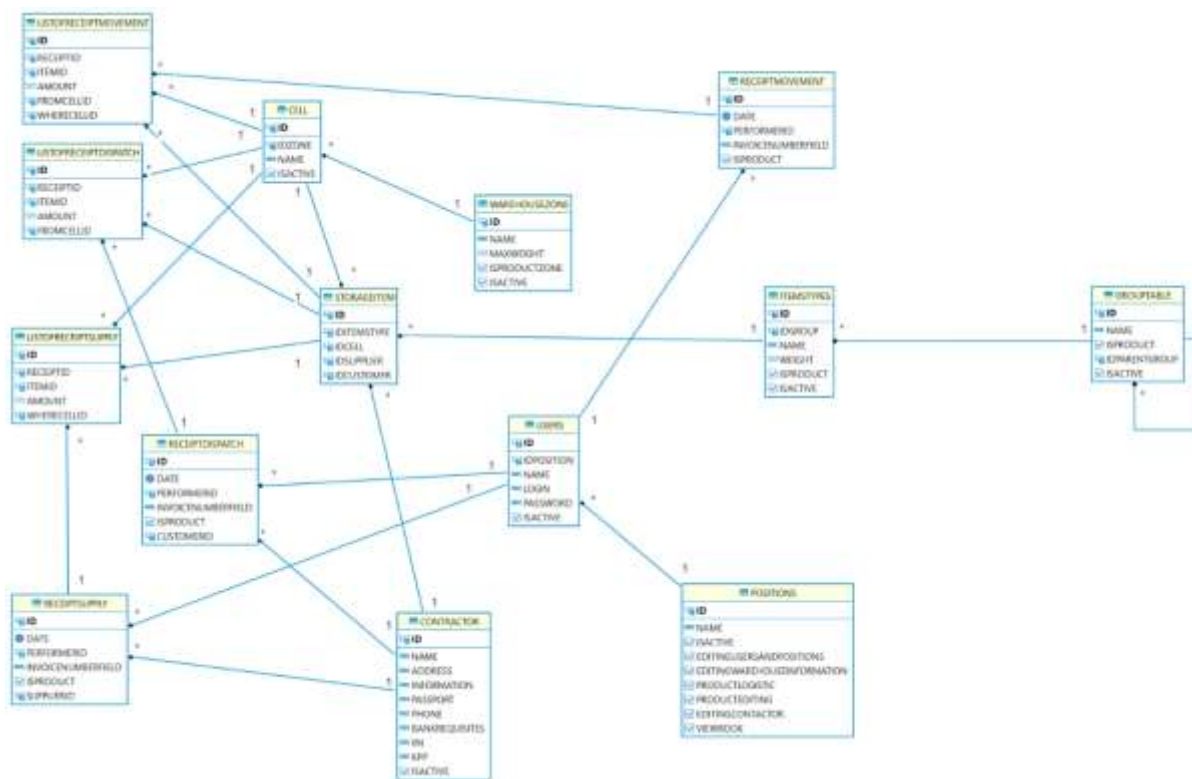


Рисунок 1 – Логическая модель базы данных склада

Физическая модель базы данных — это модель данных, которая определяет, каким образом представляются данные, и содержит все детали, необходимые СУБД для создания базы данных.

Спроектированная физическая модель базы данных представлена на рисунке 2.

Краткое описание таблиц и атрибутов представлено в таблице 1.

Отношение	Атрибуты	Описание
POSITIONS	«ID» (int) : уникальный идентификатор должности. «NAME» (varchar) : название должности. «ISACTIVE» (boolean) : флаг активности должности. «EDITINGUSERSANDPOSITIONS» (boolean) : разрешение на редактирование пользователей и должностей. «EDITINGWAREHOUSEINFORMATION» (boolean) : разрешение на редактирование информации о складе. «PRODUCTLOGISTIC» (boolean) : разрешение на управление логистикой товаров. «PRODUCTEDITING» (boolean) : разрешение на редактирование информации о товарах. «EDITINGCONTACTOR» (boolean) : разрешение на редактирование контрагентов. «VIEWBOOK» (boolean) : разрешение на просмотр документации.	Содержит информацию о должностях и разрешениях сотрудников.
USERS	«ID» (int) : уникальный идентификатор пользователя. «IDPOSITION» (int) : внешний ключ на таблицу POSITIONS (ID), указывающий на должность пользователя. «NAME» (varchar) : имя пользователя. «LOGIN» (varchar) : логин для входа в систему. «PASSWORD» (varchar) : пароль для входа. «ISACTIVE» (boolean) : флаг активности пользователя.	Информация о пользователях системы.
CELL	«ID» (int) : уникальный идентификатор ячейки. «IDZONE» (int) : внешний ключ на таблицу WAREHOUSEZONE (ID), указывающий на зону хранения. «NAME» (varchar) : название ячейки. «ISACTIVE» (boolean) : флаг активности ячейки.	Содержит информацию о ячейках хранения товаров.
GROUPTABLE	«ID» (int) : уникальный идентификатор группы. «NAME» (varchar) : название группы. «ISPRODUCT» (boolean) : флаг, указывающий, является ли группа продуктовой. «IDPARENTGROUP» (int) : внешний ключ на саму таблицу GROUPTABLE (ID), указывающий на родительскую группу товаров. «ISACTIVE» (boolean) : флаг активности группы.	Содержит информацию о группах товаров.
ITEMSTYPES	«ID» (int) : уникальный идентификатор типа товара. «IDGROUP» (int) : внешний ключ на таблицу GROUPTABLE (ID), указывающий на группу товаров. «NAME» (varchar) : название типа товара. «WEIGHT» (int) : вес товара. «ISPRODUCT» (boolean) : флаг, указывающий, является ли тип товара продуктом.	Содержит информацию о типах товаров, хранящихся на складе.

Отношение	Атрибуты	Описание
	«ISACTIVE» (boolean) : флаг активности типа товара.	
STORAGEITEM	«ID» (int) : уникальный идентификатор предмета. «IDITEMSTYPE» (int) : внешний ключ на таблицу ITEMSTYPES (ID), указывающий на тип предмета. «IDCELL» (int) : внешний ключ на таблицу CELL (ID), указывающий на ячейку хранения. «IDSUPPLIER» (int) : внешний ключ на таблицу CONTRACTOR (ID), указывающий на поставщика «IDCUSTOMER» (int) : внешний ключ на таблицу CONTRACTOR (ID), указывающий на клиента (если применимо).	Содержит информацию о предметах на складе.
RECEIPTMOVEMENT	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «DATE» (date) : дата перемещения. «PERFORMERID» (int) : внешний ключ на таблицу USERS (ID), указывающий на пользователя, проводящего операцию. «INVOICENUMBERFIELD» (varchar) : номер накладной. «ISPRODUCT» (boolean) : флаг, указывающий, является ли товар продуктом.	Содержит информацию о перемещении товаров между складами или зонами.
LISTOFRECEIPTMOVEMENT	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «RECEIPTID» (int) : внешний ключ на таблицу RECEIPTMOVEMENT (ID), указывающий на накладную перемещения. «ITEMID» (int) : внешний ключ на таблицу STORAGEITEM (ID), указывающий на товар. «AMOUNT» (int) : количество товара. «FROMCELLID» (int) : внешний ключ на таблицу CELL (ID), указывающий на ячейку, из которой товар перемещен. «WHERECELLID» (int) : внешний ключ на таблицу CELL (ID), указывающий на ячейку, куда товар перемещен.	Список товаров, перемещаемых в рамках накладной.
RECEIPT-SUPPLY	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «DATE» (date) : дата поставки. «PERFORMERID» (int) : внешний ключ на таблицу USERS (ID), указывающий на пользователя, проводящего операцию. «INVOICENUMBERFIELD» (varchar) : номер накладной. «ISPRODUCT» (boolean) : флаг, указывающий, является ли товар продуктом. «SUPPLIERID» (int) : внешний ключ на таблицу CONTRACTOR (ID), указывающий на поставщика.	Содержит информацию о приходе товаров от поставщиков.

Отношение	Атрибуты	Описание
LISTOFRECEIPTSUPPLY	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «RECEIPTID» (int) : внешний ключ на таблицу RECEIPTSUPPLY (ID), указывающий на приходную накладную. «ITEMID» (int) : внешний ключ на таблицу STORAGEITEM (ID), указывающий на товар. «AMOUNT» (int) : количество товара. «WHERECELLID» (int) : внешний ключ на таблицу CELL (ID), указывающий на ячейку хранения.	Список товаров, входящих в поставку.
RECEIPTDISPATCH	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «DATE» (date) : дата выдачи. «PERFORMERID» (int) : внешний ключ на таблицу USERS (ID), указывающий на пользователя, проводящего операцию. «INVOICENUMBERFIELD» (varchar) : номер накладной. «ISPRODUCT» (boolean) : флаг, указывающий, является ли товар продуктом. «CUSTOMERID» (int) : внешний ключ на таблицу CONTRACTOR (ID), указывающий на клиента.	Содержит информацию о выдаче товаров клиентам.
LISTOFRECEIPTDISPATCH	«ID» (int) : уникальный идентификатор записи. «RECEIPTID» (int) : внешний ключ на таблицу RECEIPTDISPATCH (ID), указывающий на накладную отгрузки. «ITEMID» (int) : внешний ключ на таблицу STORAGEITEM (ID), указывающий на товар. «AMOUN» (int) : количество товара. «FROMCELLID» (int) : внешний ключ на таблицу CELL (ID), указывающий на ячейку, откуда товар был отгружен.	Список товаров, включенных в отгрузку клиенту.

В результате выполнения проектирования было разработано описание основных этапов и результатов проектирования базы данных для учета продукции склада предприятия, с акцентом на оптимизацию процессов складского учета и автоматизацию операций. В ходе работы была разработана логическая и физическая модели базы данных, детально описаны ключевые сущности системы и их взаимосвязи.

Список литературы

1. Амирова, А.Р. Разработка программного обеспечения информационно-аналитической системы складского учета / А.Р. Амирова, Д.Р. Богданова // Форум молодых ученых. – 2019. № 4. – С. 60-67.

2. Арапов, Д.В. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д.В. Арапов, Н.Ю. Юдина, В.А. Курицын, Л.А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18.
3. Муханов, К.А. Алгоритмы структурной и параметрической настройки адаптивных следящих систем / К.А. Муханов // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 39-47.
4. Рышкова, И. М. Особенности организации складского учета товаров / И.М. Рышкова // Молодой ученый. – 2018. № 36. – С. 76-78.
5. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18.
6. Дмитриев, Е. А. Математическое моделирование и реализация информационно-расчетных задач «маскировка» / Е. А. Дмитриев, А. Ф. Тараканов, Е. А. Шпилова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 32-42.
7. Котляров, В. В. Методы защиты цифровых устройств на базе ПЛИС от ионизирующего излучения в условиях космического пространства / В. В. Котляров, А. В. Шевченко, В. И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.
8. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
9. Зольников В.К., Гамзатов Н.Г., Анциферова В.И., Полуэктов А.В., Фиронов В.А. Экспериментальные исследования радиационного воздействия на микросхемы FRAM // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 16-24.

References

1. Amirova, A.R. Software development of an information and analytical warehouse accounting system / A.R. Amirova, D.R. Bogdanova // Forum of Young Scientists. – 2019. No. 4. – P. 60-67.

2. Arapov, D.V. Mathematical support of an information and control system for storing products with a limited shelf life / D.V. Arapov, N.Yu. Yudina, V.A. Kuritsyn, L.A. Korobova // Modeling of systems and processes. – 2024. – vol. 17, No. 1. – P. 7-18.
3. Mukhanov, K.A. Algorithms of structural and parametric tuning of adaptive tracking systems / K.A. Mukhanov // Modeling of systems and processes. – 2020. – Vol. 13, No. 2. – P. 39-47.
4. Ryshkova, I. M. Features of the organization of warehouse accounting of goods / I.M. Ryshkova // Young scientist. – 2018. No. 36. – P. 76-78.
5. Mathematical support of an information management system for storing products with a limited shelf life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 7-18.
6. Dmitriev, E. A. Mathematical modeling and implementation of information and computational tasks "masking" / E. A. Dmitriev, A. F. Tarakanov, E. A. Shipilova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – P. 32-42.
7. Kotlyarov, V. V. Methods of protecting digital devices based on FPGAs from ionizing radiation in outer space / V. V. Kotlyarov, A.V. Shevchenko, V. I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.
8. Paramonov, A. A. Investigation of the structure of a tropical cyclone based on the analysis of satellite video data using the method of almost periodic analysis / A. A. Paramonov, A.V. Kalach, A. S. Kravchenko // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
9. Zolnikov V.K., Gamzatov N.G., Antsiferova V.I., Poluektov A.V., Fironov V.A. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 16-24.

R2DBC-ДРАЙВЕР: РЕАКТИВНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С РЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

О.В. Оксюта¹, В.А. Бойченко¹, О.Л. Бордюжа¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается реактивный драйвер R2DBC, предназначенный для асинхронного взаимодействия с реляционными базами данных. Описаны его основные принципы работы, архитектура и ключевые особенности по сравнению с традиционными блокирующими драйверами JDBC. Рассматривается применение R2DBC в современных веб-приложениях и мик-росервисных архитектурах.

Ключевые слова: R2DBC, реактивное программирование, реляционные базы данных, асинхронные запросы, JDBC.

R2DBC DRIVER: REACTIVE INTERACTION WITH RELATIONAL DATABASES

O.V. Oksuyta¹, V.A. Boychenko¹, O.L. Bordyuzha¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the reactive R2DBC driver designed for asynchronous interaction with relational databases. Its main principles of operation, architecture, and key differences from traditional blocking JDBC drivers are described. The application of R2DBC in modern web applications and microservice architectures is considered.

Key words: R2DBC, reactive programming, relational databases, asynchronous queries, JDBC.

Современные информационные системы требуют высокой производительности и масштабируемости при работе с большими объёмами данных. Традиционные драйверы, основанные на синхронном блокирующем вводе-выводе (например, JDBC), зачастую оказываются неэффективными в условиях высоких

нагрузок и распределённых архитектур [1]. В ответ на эти вызовы появляется спецификация R2DBC, предлагающая неблокирующий асинхронный подход для работы с реляционными базами данных, что делает её актуальным решением для современных микросервисных и облачных приложений [2].

Одним из ключевых преимуществ R2DBC является реализация неблокирующего ввода-вывода. Вместо ожидания завершения каждой операции, драйвер использует асинхронное выполнение запросов, что позволяет системе эффективно обрабатывать множество параллельных операций без блокировки потоков [3]. Такой подход значительно снижает время ожидания и повышает производительность при интенсивном обмене данными.

R2DBC опирается на концепцию реактивных потоков, реализуемую через спецификацию Reactive Streams [2, 6]. Механизм *backpressure* позволяет динамически регулировать скорость обработки данных, что предотвращает перегрузку системы при резких скачках нагрузки. Это особенно важно для распределённых систем, где скорость поступления данных может существенно варьироваться [2].

Традиционный JDBC использует синхронную модель работы, в результате чего каждый запрос занимает отдельный поток, что может приводить к значительным накладным расходам при увеличении числа одновременных соединений. R2DBC, реализуя неблокирующий ввод-вывод, позволяет эффективно использовать вычислительные ресурсы и уменьшать нагрузку на систему [4].

За счёт асинхронной модели работы R2DBC легко масштабируется в условиях высоких нагрузок. Механизмы управления потоками и поддержка *backpressure* позволяют адаптироваться к переменам в нагрузке, обеспечивая стабильную работу даже при резких скачках запросов [2].

R2DBC интегрируется с такими популярными фреймворками, как Spring WebFlux и Project Reactor, что упрощает разработку реактивных приложений и микросервисов. Это даёт возможность быстро внедрять асинхронное взаимодействие с базами данных в существующие решения [5].

Современные приложения строятся на основе микросервисной архитектуры, где каждая служба выполняет определённую бизнес-логику и взаимодействует с другими сервисами. Использование блокирующих драйверов, таких как JDBC, в таких системах может привести к чрезмерному расходу потоков, задержкам и снижению общей производительности.

R2DBC, благодаря асинхронной модели работы, позволяет минимизировать потребление ресурсов, увеличивать масштабируемость и обеспечивать

быструю обработку запросов к базе данных. Это особенно важно для API-шлюзов, сервисов аутентификации, аналитических микросервисов и серверов реального времени.

Яркий пример микросервисной архитектуры, применяющей R2DBC представлен на Рисунке 1.

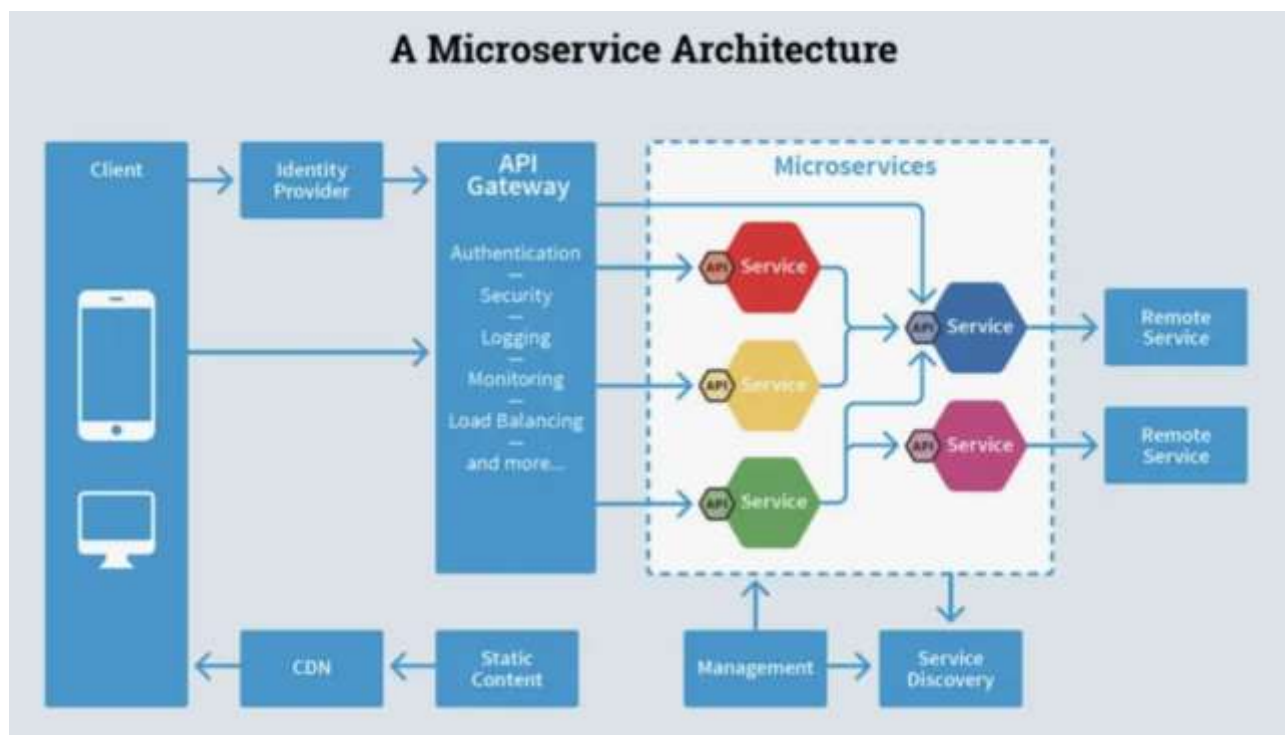


Рисунок 1 – Общая микросервисная архитектура может включать в себя реактивный драйвер для использования неблокирующих вызовов к базе данных

Облачные платформы, такие как AWS Lambda, Google Cloud Functions и Azure Functions, активно используют event-driven (событийно-ориентированный) подход. В этих средах крайне важно минимизировать время ожидания операций, так как оно напрямую влияет на стоимость исполнения функций.

Использование R2DBC в облачных приложениях позволяет:

- уменьшить нагрузку на серверные ресурсы;
- повысить эффективность работы с базами данных;
- оптимизировать время выполнения запросов.

В облачных вычислениях ресурсы используются динамически: они могут увеличиваться или уменьшаться в зависимости от нагрузки. Однако традиционные синхронные драйверы взаимодействия с базами данных, такие как JDBC, работают по принципу блокировки потоков:

- Каждое подключение к базе данных требует выделенного потока. Это приводит к неэффективному использованию ресурсов при большом количестве запросов.

- Задержки при сетевом взаимодействии. В облаке задержки сети между сервисами неизбежны, и, если поток блокируется во время ожидания ответа от базы данных, он простаивает без пользы.

- Ограниченная масштабируемость. В serverless-архитектуре функции вызываются динамически, но блокирующие соединения с базами данных могут создавать лишние задержки и ограничивать производительность.

В отличие от JDBC, R2DBC использует асинхронный и неблокирующий ввод-вывод. Это означает, что один поток может обрабатывать несколько запросов к базе данных одновременно, что значительно снижает накладные расходы на выделение потоков и снижает нагрузку на процессор.

В реактивных веб-приложениях важно поддерживать высокую отзывчивость системы. Блокирующие запросы к базе данных могут замедлять обработку пользовательских действий, особенно при высоких нагрузках [7].

Применение R2DBC совместно с Spring WebFlux позволяет разрабатывать приложения, поддерживающие тысячи одновременных соединений без перегрузки сервера. Это особенно полезно для:

- чатов и мессенджеров;
- видеоплатформ с потоковой передачей данных;
- финансовых систем с мгновенной обработкой транзакций.

Таким образом, применение R2DBC открывает новые возможности для построения высокопроизводительных, масштабируемых и отказоустойчивых приложений. Его использование оправдано в микросервисах, облачных платформах, веб-приложениях, аналитических системах и IoT-решениях. Благодаря интеграции с современными реактивными фреймворками, такими как Spring WebFlux и Project Reactor, R2DBC становится важной частью архитектуры будущего.

Список литературы

1. R2DBC Specification. URL: <https://r2dbc.io> (дата обращения: 17.02.2025).
2. Reactive Streams Specification. URL: <http://www.reactivestreams.org> (дата обращения: 17.02.2025).
3. Докука, Игорь. "Практика реактивного программирования в Spring 5." 2019. /И.В. Докука // ДМК Пресс, 2019. С. 67-70.

4. Уоллс, Крейг. Spring в действии. / Уолс Крейг // ДМК Пресс, 2022 – С. 126-129.

5. Хеджпет, Роберт. «R2DBC Revealed: Reactive Relational Database Connectivity for Java and JVM Developers» // ДМК Пресс. – Москва, 2024. – С. 279-281.

6. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбнева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92.

7. Высоцкая, И. А. Обоснование методов поиска принципов действия сложных технических систем и объектов / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 27-34.

References

1. R2DBC Specification. URL: <https://r2dbc.io> (date of reference: 17.02.2025).

2. Reactive Streams Specification. URL: <http://www.reactivestreams.org> (access date: 17.02.2025).

3. Dokuka, Igor. ‘Reactive Programming Practices in Spring 5.’ 2019. / I.V. Dokuka // DMK Press, 2019. P. 67.

4. Walls, Craig. Spring in action. / Walls Craig // DMK Press, 2022 – P. 126.

5. Hedgpeth, Robert. ‘R2DBC Revealed: Reactive Relational Database Connectivity for Java and JVM Developers’ // DMK Press. – Moscow, 2024. – P. 279-281.

6. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the example of the Sakhan project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebnova, P. Yu. Gusev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 84-92.

7. Vysotskaya, I. A. Substantiation of methods for searching for principles of operation of complex technical systems and objects / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 27-34.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В.Н. Палаткин¹, А.А. Андриюшин¹, Д.Д. Гетманцев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Проблема лесных пожаров приобретает все большую актуальность в условиях изменения климата и увеличения частоты экстремальных погодных явлений. Прогнозирование пожаров на основе метеорологических данных, таких как температура, влажность, скорость ветра и осадки, играет важную роль в управлении рисками и минимизации ущерба. В данной статье рассматривается применение логистической регрессии (ЛР) для оценки вероятности возникновения лесных пожаров. ЛР является эффективным инструментом, обладающим преимуществами в плане интерпретируемости, скорости вычислений и гибкости в использовании различных типов данных. Несмотря на наличие более сложных моделей машинного обучения, таких как случайные леса, ЛР остается полезным методом для первичного анализа и моделирования. Результаты исследований показывают высокую точность предсказаний, что делает логистическую регрессию востребованным инструментом как в научных исследованиях, так и в практическом применении.

Ключевые слова: лесные пожары, прогнозирование пожаров, логистическая регрессия, метеорологические данные, машинное обучение, климатические изменения, управление рисками, температура, влажность, моделирование.

USING LOGISTIC REGRESSION FOR FIRE PREDICTION BASED ON METEOROLOGICAL DATA

V.N. Palatkin¹, A.A. Andryushin¹, D.D. Getmantsev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The issue of forest fires is becoming increasingly relevant in the context of climate change and the growing frequency of extreme weather events. Fire prediction based on meteorological data, such as temperature, humidity, wind speed, and precipitation, plays a crucial role in risk

management and minimizing damage. This article discusses the application of logistic regression (LR) for assessing the probability of forest fires. LR is an effective tool with advantages in terms of interpretability, computational efficiency, and flexibility in handling various data types. Despite the existence of more complex machine learning models, such as random forests, LR remains a valuable method for initial data analysis and modeling. Research results demonstrate high prediction accuracy, making logistic regression a sought-after tool in both scientific research and practical applications.

Keywords: forest fires, fire prediction, logistic regression, meteorological data, machine learning, climate change, risk management, temperature, humidity, modeling.

Лесные пожары продолжают оставаться глобальной угрозой, особенно на фоне климатических изменений, усиливающих экстремальные погодные условия. Создание систем прогнозирования возгораний на основе метеорологических параметров — ключевой инструмент для предотвращения катастроф и снижения их последствий. Среди методов машинного обучения логистическая регрессия (ЛР) выделяется как эффективный подход для оценки вероятности возникновения пожаров через анализ взаимосвязей между факторами риска.

Логистическая регрессия (ЛР) является наиболее распространенным методом статистического анализа для моделирования бинарных исходов (0 или 1, да или нет). В отличие от линейной регрессии, суть которой заключается в предоставлении непрерывной зависимости, логистическая регрессия использует логистическую функцию для оценки вероятности наступления какого-либо события.

Логистическая регрессия имеет несколько преимуществ при прогнозировании лесных пожаров:

1. ЛР демонстрирует, как каждый фактор (например, температура или влажность) влияет на итоговый прогноз.
2. Алгоритм работает даже при ограниченном объеме данных и требует меньше вычислительных мощностей, чем нейросети или ансамблевые методы (например, Random Forest).[4]
3. Модель совместима с разными типами данных (категориальными, числовыми) и не требует их нормального распределения.
4. Простота архитектуры позволяет быстро настраивать и тестировать гипотезы.

Исследования показывают, что логистическая регрессия может достигнуть высокой точности в прогнозировании лесных пожаров. В одном из исследований было установлено, что модели ЛР обеспечивают точность предсказания до 81.6% для лесных пожаров и 70.4% для сельскохозяйственных[1][5].

Для построения моделей чаще всего используются:

1. Температура воздуха.
2. Относительная влажность.
3. Скорость и направление ветра.
4. Уровень осадков.
5. Индексы засухи (например, индекс Кейтча-Брайама).

Комбинация высокой температуры и низкой влажности, например, резко повышает риск возгорания [2]. Успешный пример применения ЛР — система прогнозирования в горных районах Мексики, где интеграция данных метеостанций и динамических индексов засухи значительно повысила точность предупреждений [2].

Другие исследования также показали эффективность ЛР в различных географических условиях. В качестве другого примера, в Китае была проведена работа по анализу уровня опасности лесных пожаров с использованием этой модели, где была достигнута высокая точность предсказаний[5].

Логистическая регрессия, при всей своей практичности, не является универсальным решением. Её главный недостаток — ограниченная способность выявлять сложные нелинейные взаимосвязи между переменными. Например, риск пожара может зависеть не только от линейной комбинации температуры и влажности, но и от их взаимодействия в определенных условиях (например, резкие перепады температур после засухи). В таких сценариях более эффективны следующие алгоритмы:

1. Случайный лес (Random Forest)

Этот метод строит ансамбль решающих деревьев, каждое из которых анализирует случайные подмножества данных и признаков. За счет этого он улавливает скрытые паттерны и нелинейные зависимости. В исследовании, посвященном прогнозированию пожаров в лесах Канады, Random Forest достиг точности 87.5%, что на 6% выше, чем у ЛР [1]. Однако за это приходится «платить»: модель требует значительных вычислительных ресурсов и времени для обучения, а её результаты сложнее интерпретировать из-за многослойной структуры.

2. Метод опорных векторов (SVM)

SVM ищет гиперплоскость, которая максимально разделяет классы в многомерном пространстве. Его сильная сторона — работа с высокоразмерными данными (например, спутниковые снимки в комбинации с метеопараметрами). В одном из экспериментов SVM продемонстрировал точность 84.3% в прогнозировании пожаров на территории Греции, но только после трудоемкой настройки

ядерных функций [3]. Для сравнения, ЛР не требует подобной оптимизации, что упрощает её внедрение.

3. Градиентный бустинг (Gradient Boosting)

Алгоритм последовательно улучшает предсказания за счет комбинации слабых моделей (обычно деревьев). Он особенно эффективен в задачах с несбалансированными данными (например, когда случаи пожаров редки). В исследовании для австралийских регионов градиентный бустинг превзошел ЛР на 12%, но при этом время обучения модели увеличилось в 5 раз [4].

Логистическая регрессия остается востребованным инструментом для оценки риска лесных пожаров. Её способность работать с разнородными данными, низкие требования к инфраструктуре и прозрачность результатов позволяют создавать базовые, но эффективные системы мониторинга. Хотя современные алгоритмы превосходят ЛР в сложных сценариях, она сохраняет статус «золотого стандарта» для стартовых исследований и оперативного реагирования.

Список литературы

1. Comparing machine learning algorithms to predict vegetation fire detections in Pakistan: сайт URL: <https://fireecology.springeropen.com/articles/10.1186/s42408-024-00289-5> (дата обращения 23.10.2024).
2. Daily prediction modeling of forest fire ignition using meteorological drought indices in the Mexican highlands: сайт URL: <https://iforest.sisef.org/contents/?id=ifor3623-014> (дата обращения 23.10.2024).
3. A Survey of the Machine Learning Models for Forest Fire Prediction and Detection: сайт URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=126584> (дата обращения 23.10.2024).
4. Logistic regression versus XGBoost for detecting burned areas using satellite images: сайт URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10651-023-00590-7> (дата обращения 23.10.2024).
5. Применение модели логистической регрессии при принятии решений по определению количества привлекаемых сил на ликвидацию лесных пожаров: сайт URL: <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/1408> (дата обращения 23.10.2024).
6. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

7. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.

8. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.

9. Сумин, В. И. Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур / В. И. Сумин, А. С. Дубровин, И. С. Куцева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.

10. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.

11. Реализация оптимального построения комбинационного устройства и оценка надежности по выходному напряжению / Ф.В. Макаренко, А.С. Ягодкин, К.В. Зольников, О.А. Денисова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

References

1. Comparing machine learning algorithms to predict vegetation fire detections in Pakistan: URL: <https://fireecology.springeropen.com/articles/10.1186/s42408-024-00289-5> (accessed on 23.10.2024).

2. Daily prediction modeling of forest fire ignition using meteorological drought indices in the Mexican highlands: URL: <https://iforest.sisef.org/contents/?id=ifor3623-014> (accessed on 23.10.2024).

3. A Survey of the Machine Learning Models for Forest Fire Prediction and Detection: URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=126584> (accessed on 23.10.2024).

4. Logistic regression versus XGBoost for detecting burned areas using satellite images: URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10651-023-00590-7> (accessed on 23.10.2024).

5. Application of the logistic regression model for decision-making in determining the number of forces to combat forest fires: URL: <https://www.fire-smi.ru/jour/article/view/1408> (accessed on 23.10.2024).
6. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.
7. Paramonov, A. A. Study of the structure of a tropical cyclone based on the analysis of satellite video data using the method of almost periodic analysis / A. A. Paramonov, A. V. Kalach, A. S. Kravchenko // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
8. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field during forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – P. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
9. Sumin, V. I. Features of the selection of members of the expert group for the analysis of the functioning of a complex organizational system of law enforcement agencies / V. I. Sumin, A. S. Dubrovin, I. S. Kushcheva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.
10. Yurchishina, M. V. Algorithmic model of the DSS "Optimal curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
11. Realization of the optimal construction of a combination device and evaluation of reliability by output voltage / Ph.V. Makarenko, A.S. Yagodkin, K.V. Zolnikov, O.A. Denisova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

С.И. Перов¹, С.О. Бучнев¹, И.С. Голубятников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе обзревается моделирование бизнес-процессов современных организаций. Цели, которые преследует моделирование процессов, основные элементы любого бизнес-процесса. Методы используемы для моделирования и программные обеспечения с помощью которых можно создать модель.

Ключевые слова: бизнес-процесс, моделирование бизнес-процесса, моделирование бизнеса, нахождение узких мест, элементы моделирования, методы моделирования, ARIS, Bizagi, Lucidchart

BUSINESS PROCESS MODELING

S.I. Perov¹, S.O. Buchnev¹, I.S. Golubyatnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper examines the modeling of business processes in modern organizations. The goals of process modeling are the main elements of any business process. The methods used for modeling and the software with which you can create a model.

Keywords: business process, business process modeling, business modeling, finding bottlenecks, modeling elements, modeling methods, ARIS, Bizagi, Lucidchart.

Моделирование бизнес-процессов необходимо для проектирования и визуализации процессов, которые могут происходить внутри организации, а также для анализа и эффективной оптимизации бизнеса.

Цели, которые преследует моделирование бизнес-процессов:

1. Нахождение узких мест и оптимизация избыточных этапов процесса
2. Наглядность и визуализация, которая облегчает понимание сотрудников компании, что улучшает коммуникацию внутри команды

3. Облегчение в принятии ключевых решений. Моделирование помогает принимать более взвешенные и обоснованные управленческие решения.
4. С помощью моделирования улучшается обучаемость новых сотрудников, так как имеется четкая модель бизнес процесса.
5. Анализ производительности, отслеживание ключевых показателей.
6. Выявление этапов, которые можно автоматизировать, для повышения эффективности.
7. Снижение затрат и повышение конкурентоспособности на рынке

Любая модель бизнес-процесса состоит из нескольких элементов, которые необходимы для раскрытия процессов и функционирования компании:

- Первым элементом является – Активности. Ими называют конкретные задачи и действия при выполнении которых создается конечный продукт. Они бывают: основные, т.е. которые приводят к созданию продукта. И поддерживающие – действия, не влияющие на прямую (вспомогательные), но необходимые для достижения конечного результата.
- Роли. С их помощью можно избежать путаницу в команде и обеспечить ответственность выполнения поставленных задач. Конкретный человек, конкретная должность должны иметь свою роль в процессе.
- Ресурсы – это все необходимые элементы, которые участвуют в процессе. Они бывают: человеческие (сотрудники, специалисты, руководители), материальные (оборудование и материалы), финансовые (выделенные бюджет на продукт)
- Потоки управления, определяющие последовательность выполнения задач и потоки данных, показывающие передачу информации между элементами процесса.
- Ивенты (события), это события, запускающие процесс и его части, они могут быть стартовыми, промежуточными и конечными.
- Правила и критерии, которые должны быть выполнены для перехода от одной активности к другой.

Моделирование этих элементов позволяет показать визуально, как строятся бизнес-процессы.

Рассмотрим методы моделирования бизнес процессов, которые помогают организации оптимизировать и управлять своими процессами:

- Процессный подход – управление ключевыми процессами в организации. Для выделения ключевых процессов необходимо проанализировать цели

и задачи организации, идентифицировать процесс поддерживающие выполнение задачи. Далее необходимо расставить приоритеты и важность каждого процесса. И в конечном итоге зафиксировать все документально и начать мониторить готовый результат для дальнейшего выявления возможностей по улучшению модели.

– Диаграмма потоков – это визуальные инструменты. Наглядное представление того, как функционирует процесс.

Основные виды: блок схемы (блоки и стрелки), диаграммы BPMN (события, активности, шлюзы), сетевые диаграммы.

– Системный анализ – оценка взаимодействия между различными процессами в организации.

Для моделирования бизнес-процессов используются следующие ПО:

1) ARIS – мощное ПО, которое обеспечивает комплексный подход для моделирования бизнес-процессов, управлению, архитектуре и анализу оптимизации процессов. Оно поддерживает такие нотации как BPMN, EPC и другие.

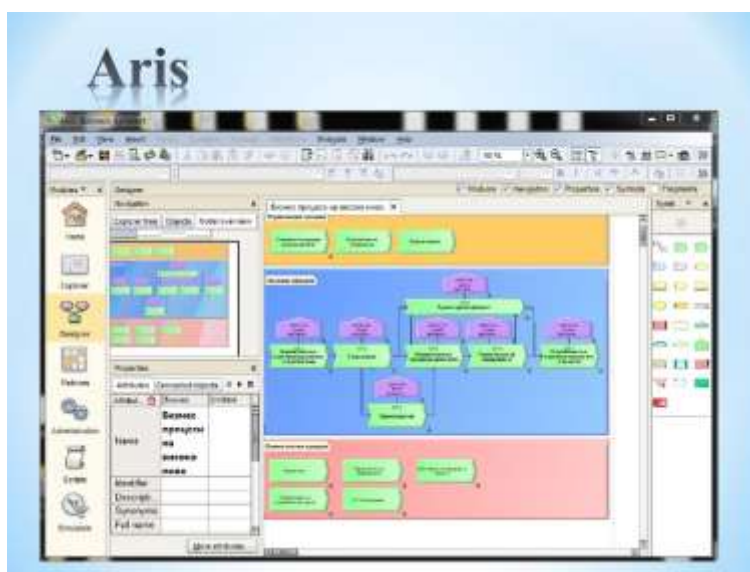


Рисунок 1 – ПО ARIS

2) Bizagi – платформа для автоматизации бизнес-процессов, которая включает в себя как облачное, так и локальное решение. Поддерживает мобильные приложения.

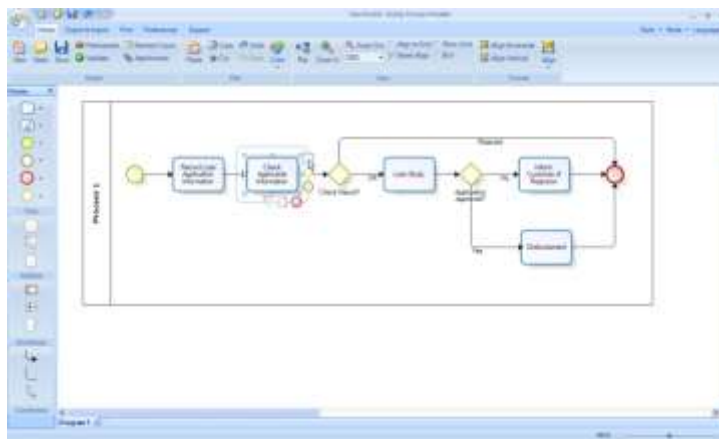


Рисунок 2 – ПО Bizagi

3) Lucidchart – облачное ПО, для построения диаграмм организационных структур и графических представлений бизнес процессов. Имеет большое количество шаблонов и интеграций с другими инструментами (Google Drive, Microsoft Office). Поддерживает различные диаграммы, не только BPMN, но и UNL и ERD.

4)

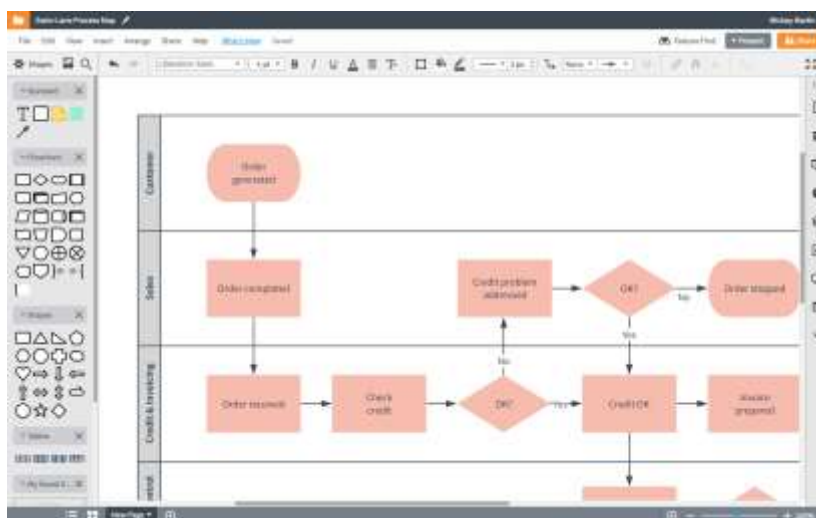


Рисунок 3 – ПО Lucidchart

Выбор конкретного ПО зависит от типа ваших потребностей. ARIS необходим для более глубокого анализа процессов. Bizagi и Lucidchart это удобный и понятный инструмент, который будет прост в использовании.

Таким образом, в современном мире, неотъемлемым инструментом любого бизнеса, является моделирование бизнес процессов, которое позволяет не только визуализировать процесс, но и выявлять узкие места и находить возможности для улучшения.

Список литературы

1. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBVHJO (дата обращения: 05.02.2025)
2. Иванов, А. Методы и инструменты моделирования бизнес-процессов / А. Иванов, Б. Петров. – URL: <https://www.bpm.ru/articles/metody-i-instrumenty-modelirovaniya> (дата обращения: 05.02.2025)
3. Сидоров, В. Введение в BPMN: Понимание и использование нотации моделирования бизнес-процессов / В. Сидоров. – URL: <https://www.omg.org/bpmn/russian> (дата обращения: 05.02.2025)
4. Кузнецов, И. Изменение бизнес-процессов: Руководство для менеджеров / И. Кузнецов. – URL: <https://www.businessprocess.ru> (дата обращения: 05.02.2025)
5. Розенман, М. Справочник по управлению бизнес-процессами / М. Розенман, Й. фон Брокке. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-45100-3> (дата обращения: 05.02.2025)
6. Давенпорт, Т. Инновации в процессах: Реинжиниринг работы через информационные технологии / Т. Давенпорт. – URL: https://www.researchgate.net/publication/243778714_Process_Innovation_Reengineering_Work_Through_Information_Technology (дата обращения: 05.02.2025)
7. Арапов, Д. В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д. В. Арапов, В. А. Курицын, С. А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMРАРТ.
8. Схемотехнические методы обеспечения стойкости ЭКБ к воздействию тяжелых заряженных частиц / В. К. Зольников, Ф. В. Макаренко, И. В. Журавлева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.
9. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов, А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – EDN QFRURQ.

References

1. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO (accessed: 02/05/2025)
2. Ivanov, A. Methods and tools for modeling business processes / A. Ivanov, B. Petrov. – URL: <https://www.bpm.ru/articles/metody-i-instrumenty-modelirovaniya> (date of request: 02/05/2025)
3. Sidorov, V. Introduction to BPMN: Understanding and using business process modeling notation / V. Sidorov. – URL: <https://www.omg.org/bpmn/russian> (date of request: 02/05/2025)
4. Kuznetsov, I. Changing business processes: A guide for managers / I. Kuznetsov. – URL: <https://www.businessprocess.ru> (date of request: 02/05/2025)
5. Rosenman, M. Business Process Management Handbook / M. Rosenman, J. von Brocke. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-45100-3> (date of request: 02/05/2025)
6. Davenport, T. Process Innovation: Reengineering work through information technology / T. Davenport. – URL: https://www.researchgate.net/publication/243778714_Process_Innovation_Reengineering_Work_Through_Information_Technology (date of request: 02/05/2025)
7. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMPAPT.
8. Circuit engineering methods for ensuring ECB resistance to the effects of heavy charged particles / V.K. Zolnikov, Ph.V. Makarenko, I.V. Zhuravleva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.
9. Vatiev, A. S. Optimization of test methods and algorithms for assessing the resistance of field-effect transistors to various types of radiation using advanced testing equipment / A. S. Vatiev, A. A. Sharapov, A. I. Ozerov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – EDN QFRURQ.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА ПРОДАЖ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИИ И РЕГРЕССИИ

Б.Я. Петров¹, В.И. Анциферова¹, М.В. Солодилов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе обсуждаются вопросы прогнозирования финансовой деятельности в контексте стратегического развития организации. Также подробно представлен один из экономико-математических алгоритмов, используемых для прогнозирования финансовых результатов работы организации.

Ключевые слова: Прогнозирование доходов, экономико-математические подходы, корреляционно-регрессионный анализ.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF SALES FORECAST MODELS BASED ON CORRELATION AND REGRESSION

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

B.Ya. Petrov¹, V.I. Antsiferova¹, M.V. Solodilov¹

Abstract. The paper discusses the issues of forecasting financial activity in the context of the strategic development of the organization. It also presents in detail one of the economic and mathematical algorithms used to forecast the financial results of the organization.

Keywords: Income forecasting, economic and mathematical approaches, correlation and regression analysis.

Современному рынку присущи такие характеристики, как динамичность, глобальность и оперативность. Тенденции всегда будут показывать значение прогнозов прибыли. Эффективная система помогает увидеть изменения, которые происходят в рынке и разработать стратегию для фирмы. Но, несмотря на такой

этап как планирования, российские фирмы применяют не самые лучшие механизмы, которые не подходят нашим требованиям. Изложено в статье И.А. Данилова, одним из недостатков отечественной системы планирования является то, что планово-экономические службы продолжают создавать большое количество документов, большинство из которых не пригодно для проведения финансового анализа и других операций из-за их высокой трудоемкости [2, с.123].

Можно сделать вывод, что механизм планирования на различных предприятиях обладает недостаточным уровнем, к сожалению, что приводит его к множеству проблем и отрицательно сказывается на качестве продукта. Соответственно, необходимость разработки экономико-математических моделей, которые способны сделать анализ финансового состояния предприятия с необходимой точностью и надежностью.

С практической точки зрения существует большое количество методик, которые могут предсказать прибыль фирмы, но я считаю, что самым лучшим способом являются математические алгоритмы.

На примере алгоритма для прогнозирования финансовых результатов деятельности фирмы: использование корреляционно-регрессионного анализа для определения факторов, наиболее сильно влияющих на прибыль исследуемого предприятия.

Данный метод сможет дать возможность провести анализ изменение прибыли путем внешних и внутренних манипуляций факторов, что является очень актуальным в условиях современной нестабильной экономики.

Самые главные рыночные факторы, которые могут повлиять на прибыль фирмы, представлены в таблице 1. В этой модели главным фактором является выручка, потому что этот фактор влияет на финансовый результат.

Изучение среднего дохода на душу населения и уровня безработицы в городе Воронеж позволяет оценить состояние рынка, как в сфере потребительских товаров, так и в области химической продукции. Средний доход на душу населения влияет на динамику внутреннего рынка труда, воздействуя на спрос, на товары и услуги, а уровень безработицы отражает состояние экономики и социальной сферы.

Как нам известно существует огромная связи между инфляцией и доллара, в частности нужно учитывать сильные колебания различных показателей с 2014 года. Снижение стоимости рубля имеет большие последствия для всей экономики, так как в России степень снижения зависит от импорта различных товаров,

низкий курс рубля приводит к росту цен на импортируемую продукцию, что отрицательно влияет на рынок потребительских товаров.

Включение дебиторской задолженности будет является обязательным, так как она может отражать риск прибыли фирмы. Выбрав такой фактор, так как фирма часто подает заявки на кредиты, для того, чтобы купить товар и это может влиять на ее чистую прибыль.

При моделировании системы были использованы различная информация торговли фирмы с периода с 2010 до 2016 года, которые показаны в таблице 1.

Таблица 1. Данные для построения экономико-математической модели

Период	Прибыль от продаж, тыс.руб.	Выручка, тыс.руб.	Кредиты и займы, тыс.руб.	Дебиторская задолженность, тыс.руб.	Денежные доходы населения РТ, руб./месяц	Численность безработных в РТ, чел.	Инфляция, %	Курс доллара, руб.
	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
2010	890	12 013	1 000	1 400	18 423	126 285	8,00	30,00
2011	19 470	69 600	13 564	10 300	20 222	94 872	6,10	29,39
2012	8 900	26 273	9 121	3 030	24 004	84 589	6,58	31,09
2013	23 980	87 012	15 988	9 078	26 161	80 702	6,45	31,00
2014	15 689	78 119	11 104	5 247	29 830	80 756	11,36	38,00
2015	22 419	89 651	3 600	4 812	32 163	82 000	12,91	60,00
2016	31 784	109 053	20 790	15 589	32 813	81 600	5,38	67,00

Самая главная проблема для использования регрессионного анализа является мультиколлинеарность. Чтобы оценить его факторы, надо использовать определение матрицы парных коэффициентов корреляции и пользоваться программой «Корреляция» из надстройки «Анализ данных» в Microsoft Excel.

Такой вид матриц парных коэффициентов показывает корреляцию как между показателем результатом и каждым из различных факторов, так и между ними. В результате была создана «Корреляция» с учетом матриц парных «коэффициентов корреляции». Корреляционная матрица для фактора «Прибыль от продаж» с выбранным набором независимых факторов представлена в Таблице 2.

Изучив матрицу коэффициентов корреляции, можно подумать, что между факторами существует мультиколлинеарность. Факторы x3 и x4 являются коллинеарными, поэтому их нужно исключить из модели

Потом, используя программу возможностей Microsoft Excel, мы можем получить данные и коэффициенты для регрессионного анализа. Результаты анализа регрессионной статистики представлены в Таблице 3.

Следуя из информации, которые находятся в Таблице 3, R-квадрат, также известный как коэффициент детерминации, отражает точность регрессионной

модели. Результаты анализа показывают, что R-квадрат близок к единице и равен 0,99, что говорит о том, что модель практически полностью объясняет изменчивость зависимых переменных. Это означает, что факторы, включенные в модель, объясняют 99% изменений зависимой переменной

Таблица 2 – Рассчитанные коэффициенты

	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
y	1							
x1	0,964116	1						
x2	0,763943	0,669653	1					
x3	0,872628	0,781622	0,900894	1				
x4	0,726909	0,792405	0,372196	0,418463	1			
	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
x5	-0,73102	-0,72964	-0,59362	-0,45495	-0,76544	1		
x6	-0,11836	0,09777	-0,59649	-0,50633	0,392258	-0,12267	1	
x7	0,670736	0,676669	0,248412	0,492562	0,838012	-0,41105	0,243352	1

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа по факторам x1, x2, x5, x6, x7.

Регрессионная статистика	Значение
Множественный R	0,99
R-квадрат	0,99
Df	6
Y-пересечение	30070,95
Переменная X1	0,32
Переменная X2	-0,68
Переменная X5	-0,14
Переменная X6	-1933,24
Переменная X7	48,66

Показатель множественной корреляции R равноправен 0,99, что свидетельствует о высокой степени зависимости между самостоятельными неустойчивыми (X) и зависимой неустойчивой (Y). Количество степеней воли (df) одинаково 6. На основе разбора, возможно, скомпилировать регрессионное сравнение последующего вида:

$$Y = 30070,95 + 0,32 \cdot X1 - 0,68 \cdot X2 - 0,14 \cdot X5 - 1933,24 \cdot X6 + 48,66 \cdot X7 \quad (1)$$

Уравнение (1) показывает, что увеличение выручки и курса доллара на 1 п.п. приводит к росту прибыли на 0,32 и 48,66 п.п. соответственно. В то же время, увеличение кредитов и займов на 1 п.п. снижает прибыль на 0,68 п.п., а рост безработицы и инфляции ведет к уменьшению прибыли на 0,14 и 1933,34 п.п.

Следовательно, посредством корреляционно-регрессионного анализа, возможно, напророчить изменения прибыли, активизированные как внутренними,

так и внешними факторами, что исключительно существенно среди народнохозяйственной непостоянности и неопределенности. Впрочем, при создании скоротечного прогноза необходимо обдумывать месторасположение компании, каналы реализации и номенклатуру изделий, дабы организовать самостоятельные модификации для прогнозного разбора и учитывать грядущие поступления, какие впоследствии могут быть использованы для увеличения цены с маленькими погрешностями.

Основная проблема предсказания прибыли заключается в том, что отсутствует методология. Каждый метод изобретается для специальной ситуации и оказывается эффективным только для решения очень узкого круга задач.

Список литературы

1. Горуфалдин, М. П. Проводить анализ финансовых результатов от реализации продуктов фирмы с корреляционно-регрессионного метода / М. П. Горуфалдин // Вестник КГФЭИ. – 2009. – № 2. – С. 37-43.
2. Данилов, И. А. Теоретические аспекты бюджетирования как современной эффективной технологии корпоративного финансового планирования / И. А. Данилов // Вестник Челябинского государственного университета. Экономика. – 2009. – Вып. 20. – № 9 (147). – С. 123-129.
3. Карпиков, В. П. Применение методов прогнозного анализа для дальнейшей части средств по / В. П. Карпиков // Вестник КГФЭИ. – 2006. – № 4 (5). – С. 43–46.
4. Моисеева, Н. В. Выбор способа планирования прибыли от продаж / Н. В. Моисеева // Аудит и финансовый анализ. – 2011. – № 5. – С. 156-160.
5. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
6. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
7. Калач, А. В. О возможностях применения метода почти-периодического анализа для обработки изображений / А. В. Калач, А. А. Парамонов, С. Л. Сахаров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 44-52. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. – EDN HKBSAV.

References

1. Gorufaldin, M. P. Conducting an analysis of financial results from the sale of company products using the correlation-regression method / M. P. Gorufaldin // Bulletin of KGFEI. – 2009. – No. 2. – P. 37-43.
2. Danilov, I. A. Theoretical aspects of budgeting as a modern effective technology of corporate financial planning / I. A. Danilov // Bulletin of the Chelyabinsk State University. Economics. – 2009. – Issue. 20. – No. 9 (147). – P. 123-129.
3. Karpikov, V. P. Application of predictive analysis methods for the further part of funds / V. P. Karpikov // Bulletin of KGFEI. – 2006. – No. 4 (5). – P. 43-46.
4. Moiseeva, N. V. Determine the method of planning the company's profit from sales / N. V. Moiseeva // Audit and financial analysis. – 2011. – No. 5. – P. 156-160.
5. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
6. Creation of means of checking an electrical circuit using a test circuit of external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
7. Kalach, A. V. On the possibilities of using the method of near-periodic analysis for image processing / A. V. Kalach, A. A. Paramonov, S. L. Sakharov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 44-52. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. – EDN HKBSAV.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАЯВОК В СЛУЖБЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ

М.Ю. Пимонова¹, А.И. Заревич¹, Асадуззаман¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема автоматизации процессов обработки заявок в службе технической поддержки крупной страховой компании РОСНО. Основное внимание уделяется анализу текущих бизнес-процессов, выбору подходящих технологий и методологии разработки программного обеспечения для реализации проекта. Показана экономическая эффективность внедрения решения, а также перспективы его масштабирования на другие направления деятельности предприятия.

Ключевые слова: информационная система, Service Desk, Microsoft Solutions Framework (MSF), информационная безопасность, экономическая эффективность.

AUTOMATION OF THE APPLICATION PROCESSING PROCESS IN THE TECHNICAL SUPPORT SERVICE OF THE INSURANCE COMPANY

M.Y. Pimonova¹, A.I. Zarevich¹, Asaduzzaman¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article discusses the problem of automating the application processing processes in the technical support service of a large insurance company ROSNO. The main focus is on the analysis of current business processes, the selection of suitable technologies and software development methodology for the implementation of the project. The economic efficiency of the implementation of the solution is shown, as well as the prospects for its scaling to other areas of the enterprise.

Keywords: information system, Service Desk, Microsoft Solutions Framework (MSF), information security, economic efficiency.

Введение

Современные страховые компании сталкиваются с необходимостью повышения операционной эффективности за счет внедрения инновационных решений. Одним из ключевых направлений является оптимизация работы службы технической поддержки, которая занимается обработкой обращений пользователей. В условиях высокой нагрузки на горячую линию ручная регистрация и распределение заявок становятся источником ошибок и увеличивают время реакции на запросы клиентов. Группа компаний РОСНО, являясь одним из лидеров российского страхового рынка, столкнулась с аналогичной проблемой. Её решение потребовало комплексного анализа существующих процессов, выбора подходящей технологии и разработки модуля автоматической обработки почтового ящика горячей линии.

Основные задачи исследования заключались в выявлении слабых мест текущего процесса обработки заявок, выборе наиболее подходящей методологии разработки и оценке экономической отдачи от внедрения решения. Благодаря успешному применению MSF и доработке системы HP OpenView Service Desk удалось добиться значительного улучшения производительности труда сотрудников отдела технической поддержки и снижения временных затрат на выполнение рутинных операций.

Анализ текущих бизнес-процессов

Группа компаний РОСНО представляет собой крупнейшую страховую организацию России, объединяющую несколько дочерних структур. Контрольным пакетом акций владеет Allianz New Europe Holding GMBH, что гарантирует использование международных стандартов в управлении и финансовой отчетности. Компания обслуживает более 17 миллионов человек и свыше 50 тысяч предприятий, предлагая более 130 видов страховых услуг. Для управления внутренними процессами применяется множество информационных систем, включая HP OpenView Service Desk, используемую для учета и распределения заявок.

Однако анализ показал, что текущая система требует доработки. В частности, процесс регистрации и согласования заявок через почтовый ящик горячей линии остается полностью ручным. Это приводит к потере времени, возникновению ошибок при назначении исполнителей и задержкам в обработке обращений. По данным таблицы 1, среднее время регистрации одной заявки составляет

4 минуты, а согласование занимает около 20 минут. Такая ситуация создает дополнительную нагрузку на штат операторов горячей линии, насчитывающий 6 человек в дневное время и одного дежурного администратора в ночное.

Таблица 1.

Показатель	Значение сейчас	Планируемое значение
Количество потерянных заявок/месяц	5–7 штук	0 штук
Время регистрации заявки	4 минуты	1 минута
Время согласования заявки	20 минут	10 минут

Для решения проблемы было принято решение о внедрении автоматизированного модуля обработки почты. Он должен позволить регистрировать заявки автоматически, минимизировать количество ошибок и ускорить процесс их распределения между сотрудниками ИТ-отдела.

Выбор методологии разработки

Проект автоматизации предполагал использование методологии Microsoft Solutions Framework (MSF). Она была выбрана благодаря своей гибкости и способности адаптироваться к ограниченному бюджету и небольшой команде разработчиков. MSF делится на пять фаз: выработка концепции, планирование, разработка, стабилизация и внедрение.

На первой фазе был проведен детальный анализ требований и составлен список ролей участников проекта. В рамках малой команды (3 человека) роли были объединены для повышения эффективности работы:

1. **Программист:** управление программой, разработка функционала, удовлетворение пользовательских потребностей.
2. **Руководитель проекта:** управление продуктом, тестирование, координация выпуска.

Фаза планирования включала создание функциональной спецификации, описание возможных рисков и подготовку рабочих планов. Особое внимание уделялось выбору технической платформы и языка программирования. В результате был выбран Python, который позволяет легко интегрировать модуль в существующую систему и поддерживать её в дальнейшем.

На третьей фазе — разработке — происходило создание компонентов решения, включая программный код и документацию. Пример структуры базы данных представлен на рисунке 1.

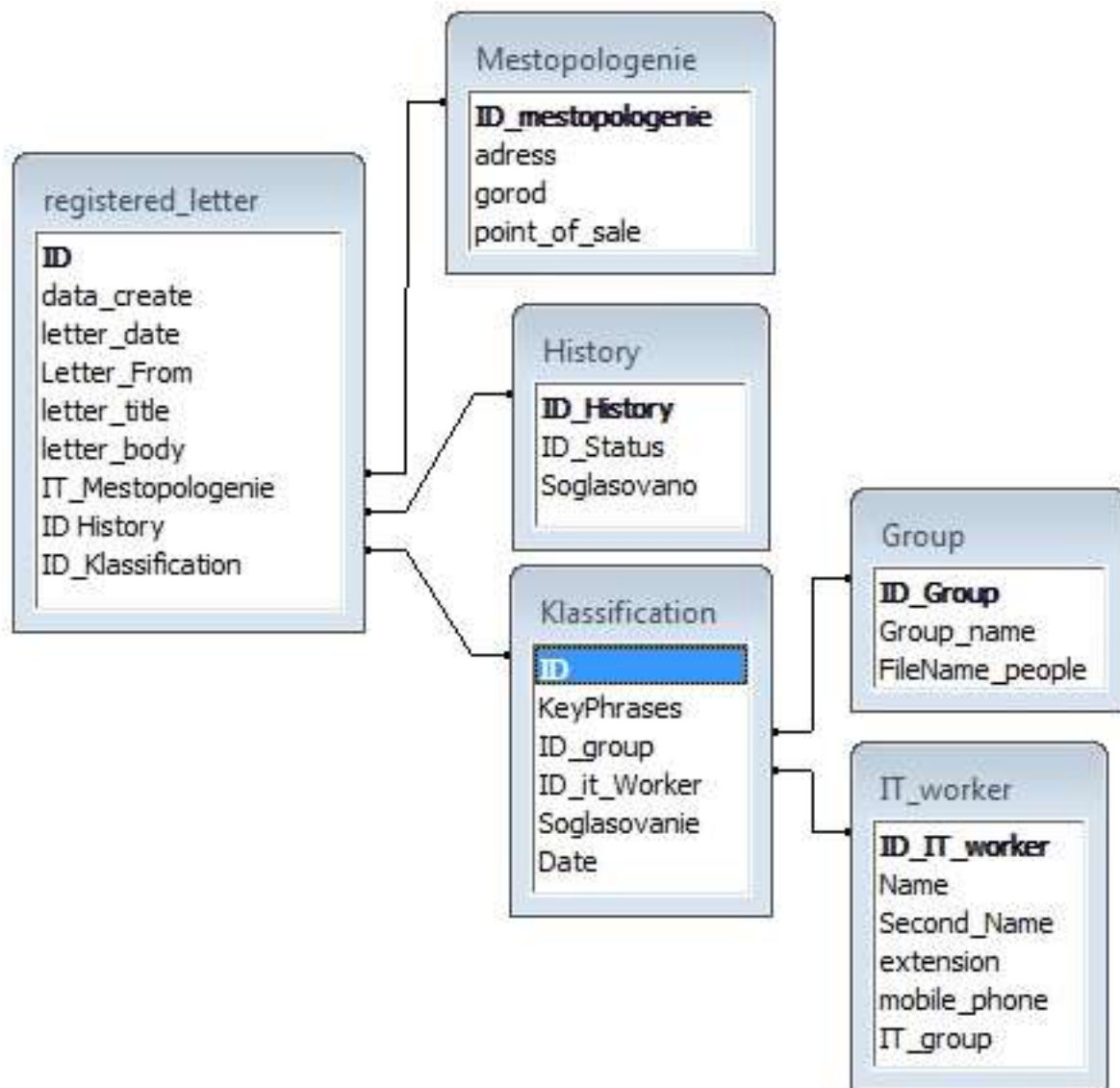


Рисунок 1 – ER-модель базы данных

Основные таблицы базы данных:

- **Registered_Letter:** хранит информацию о зарегистрированных заявках.
- **IT_Worker:** содержит данные о сотрудниках ИТ-отдела.
- **Classification:** используется для классификации проблем по ключевым словам.
- **History:** ведет историю создания и обработки заявок.

Техническая реализация

Для реализации проекта использовались следующие технические средства:

- **Сервер базы данных:** HP ProLiant DL365 G5 с характеристиками Intel Xeon X5260 (3.3 ГГц), 16 ГБ RAM, RAID 10.

- **Почтовый сервер:** Exchange Server 2007 для приема и отправки писем.

- **Скриптовый язык:** Python для написания модуля обработки почты.

Модуль работает в фоновом режиме, проверяя почтовый ящик горячей линии каждую минуту. При обнаружении нового письма он выполняет следующие действия:

1. Проверяет наличие пользователя в системе.
2. Классифицирует проблему по ключевым словам.
3. Назначает ответственного исполнителя.
4. Создает заявку в базе данных.

Таблица 2 демонстрирует результаты сравнения различных вариантов программного обеспечения.

Таблица 2.

Программа	Стоимость	Возможность доработки	Кросс-платформенность
HP OpenView Service Desk	>100 000 руб.	API + модули	Да
Microsoft SharePoint HelpDesk	90 000 руб.	Отсутствует	Только Windows
IPI Manager	25 000 руб.	Python	Да

HP OpenView Service Desk была выбрана как основная платформа для доработки, так как уже используется в компании и имеет необходимые возможности для расширения функционала.

Экономическая эффективность

Расчет экономической эффективности показал значительное снижение трудозатрат и стоимостных расходов после внедрения модуля автоматической обработки заявок. Абсолютное снижение трудозатрат составило 84700 минут в год, что эквивалентно двум рабочим местам. Финансовая экономия достигла 480 000 рублей в год за счет сокращения численности операторов горячей линии.

Срок окупаемости проекта составил менее двух месяцев, что делает его крайне выгодным для реализации. Расчет выполнен по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \Delta C / K_p$$

где K_p — общие затраты на проект (70 000 рублей), ΔC — абсолютное снижение стоимостных затрат (480 000 рублей).

Заключение

Автоматизация процесса обработки заявок в службе технической поддержки компании РОСНО стала успешным примером применения современных технологий для оптимизации бизнес-процессов. Разработанный модуль позволил сократить время на регистрацию и согласование заявок, минимизировать количество ошибок и повысить уровень удовлетворенности клиентов. Срок окупаемости проекта составил менее двух месяцев, что делает его одним из самых быстрых и эффективных вложений в развитие IT-инфраструктуры компании.

Перспективы развития включают возможность распространения аналогичных решений на другие подразделения, такие как бухгалтерия и управление персоналом. Кроме того, рассматриваются варианты миграции части инфраструктуры в облачные сервисы для дальнейшего снижения капитальных затрат.

Список литературы

1. Электронная библиотека МФПА Microsoft Solutions Framework Модель процессов MSF вер. 3.1
2. Ким В.С. Проектирование информационных систем: современные подходы. — М.: Горячая линия-Телеком, 2018.
3. Вендров А.М. «CASE технологии Современные методы и средства проектирования информационных систем» М.: Финансы и статистика, 1998г. — 176 с.: ил.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 2. — С. 93-100. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. — EDN QQRQXE.
5. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 102-111. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. — EDN QIKKRO.
6. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование

систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. IFPA electronic library Microsoft Solutions Framework Model of MSF processes ver. 3.1

2. Kim V.S. Designing information systems: modern approaches. — M.: Hotline-Telecom, 2018.

3. Vendrov A.M. "CASE technologies Modern methods and means of designing information systems" M.: Finance and statistics, 1998 – 176 p.: ill.

4. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

5. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.

6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В СТРАХОВОЙ ОТРАСЛИ

М.Ю. Пимонова¹, А.И. Заревич¹, Ислам Мд Мухаимен¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Статья посвящена исследованию современных подходов к автоматизации процессов в страховой отрасли на примере компании РОСНО. Проанализированы существующие информационные системы, выбрана методология разработки и рассчитана экономическая эффективность внедрения решения. Особое внимание уделено вопросам информационной безопасности и защиты данных.

Ключевые слова: страховое дело, цифровая трансформация, информационная безопасность, Service Desk, автоматизация.

MODERN APPROACHES TO AUTOMATION BUSINESS PROCESSES IN THE INSURANCE INDUSTRY

M.Y. Pimonova¹, A.I. Zarevich¹, Islam Md Mukhaimen¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article is devoted to the study of modern approaches to process automation in the insurance industry using the example of ROSNO. The existing information systems are analyzed, the development methodology is selected and the economic efficiency of the solution implementation is calculated. Special attention is paid to information security and data protection issues.

Keywords: insurance business, digital transformation, information security, Service Desk, automation.

Введение

Цифровая трансформация становится важнейшим трендом в развитии страхового бизнеса. Компании стремятся внедрять современные технологии для повышения качества обслуживания клиентов и снижения операционных затрат.

Группа компаний РОСНО, основанная в 1991 году, является одним из лидеров отечественного страхового рынка, предоставляя услуги более чем 17 миллионам человек и 50 тысячам организаций.

Несмотря на широкое использование информационных систем, такие процессы, как регистрация и обработка заявок в службе технической поддержки, остаются ручными. Это приводит к задержкам в реагировании на запросы пользователей и увеличивает вероятность ошибок. Поэтому актуальной стала задача автоматизации этих процессов с использованием существующей инфраструктуры и минимальных инвестиций.

Анализ информационных систем

В компании РОСНО уже используются различные информационные системы для обслуживания различных видов деятельности. Среди них можно выделить:

- Корпоративная информационная система (КИС) для учета договоров страхования.
- Систему электронного хранилища документов (ЭХД) на базе ABBY FineReader.
- Программный комплекс ZLOCK для ограничения доступа к периферийным устройствам.

Основной системой учета заявок является HP OpenView Service Desk версии 5.1. Она была внедрена в конце 2007 года и успешно используется для регистрации и распределения обращений пользователей. Однако анализ показал необходимость доработки функционала для устранения ручных операций.

Методология разработки

Для реализации проекта была выбрана методология Microsoft Solutions Framework (MSF), которая сочетает преимущества итерационного подхода с четкими этапами жизненного цикла разработки. MSF состоит из пяти фаз: выработка концепции, планирование, разработка, стабилизация и внедрение.

На фазе выработки концепции были установлены ключевые цели проекта:

- Сокращение времени на регистрацию и согласование заявок.
- Исключение ручной работы операторов горячей линии.
- Обеспечение информационной безопасности при обработке данных.

На фазе планирования составлены функциональная спецификация и график работ. Важным этапом стало определение рисков, таких как:

- Неправильная интерпретация технического задания.
- Отсутствие достаточной квалификации программиста.
- Неоконченное тестирование.

Эти риски были учтены путем создания четкого технического задания и привлечения внешнего разработчика при необходимости.

Техническая инфраструктура

Техническая архитектура проекта включает следующие элементы:

- **Сервер базы данных:** HP ProLiant DL365 G5 с характеристиками Intel Xeon X5260 (3.3 ГГц), 16 ГБ RAM, RAID 10.
- **Почтовый сервер:** Exchange Server 2007 для приема и отправки писем.
- **Язык программирования:** Python для написания модуля обработки почты.

Модуль работает по следующему алгоритму:

1. Проверка почтового ящика горячей линии.
2. Анализ содержимого письма и классификация проблемы.
3. Создание заявки в базе данных.
4. Назначение ответственного исполнителя.

Для обеспечения информационной безопасности были применены следующие меры:

- Ограничение доступа к серверам через доменную авторизацию.
- Защита почтового ящика с помощью протокола SSL/TLS.
- Разграничение прав пользователей в соответствии с должностными инструкциями.

Экономическая эффективность

Расчет экономической эффективности показал значительное снижение временных и стоимостных затрат после внедрения автоматизированного решения. Абсолютное снижение трудозатрат составило 84700 минут в год, или более чем в 8 раз. Финансовая экономия достигла 480 000 рублей за счет сокращения штата операторов горячей линии.

Срок окупаемости проекта составил менее двух месяцев, что делает его высокоэффективным с точки зрения инвестиций.

Таблица демонстрирует основные показатели эффективности.

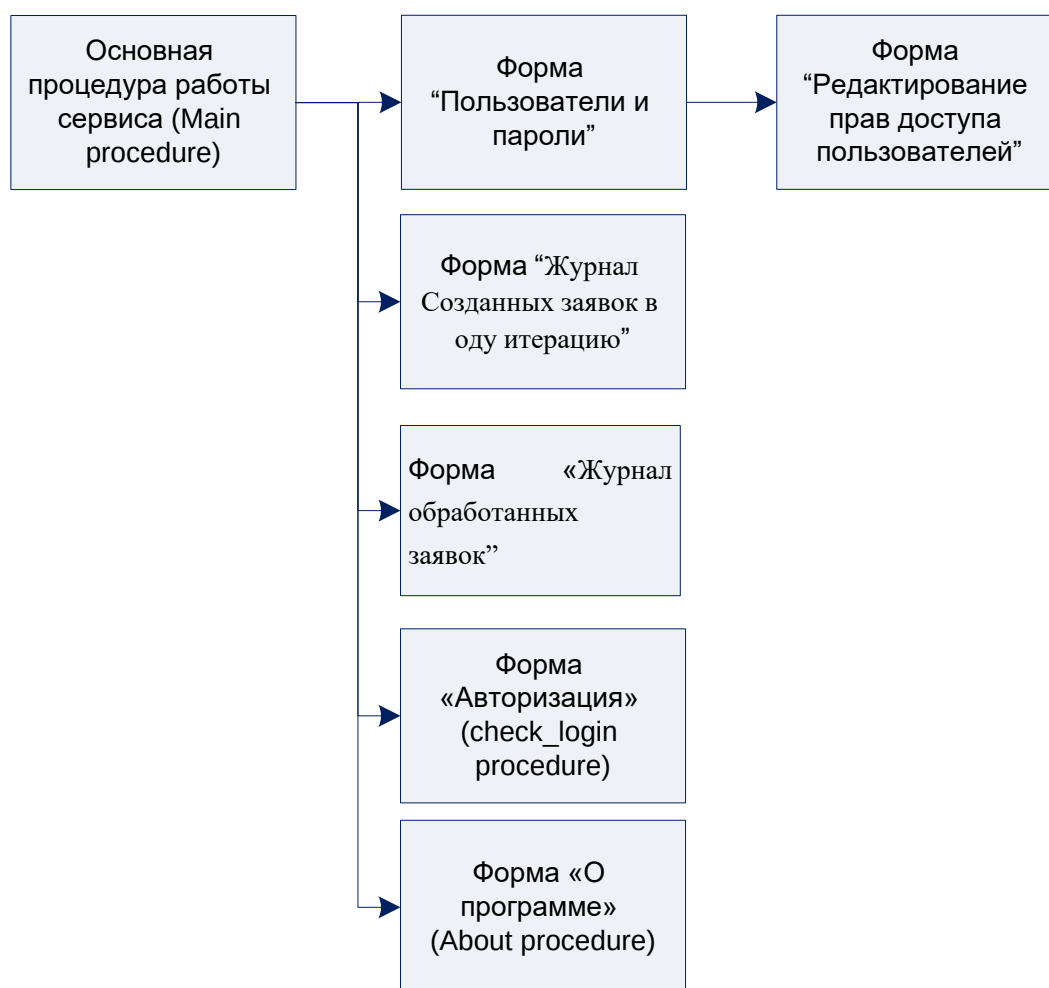


Рисунок 1 – Схема взаимодействия компонентов

Таблица 1.

Показатель	До автоматизации	После автоматизации
Время регистрации заявки	4 минуты	1 минута
Количество потерянных заявок/ месяц	5–7 штук	0 штук
Штат операторов горячей линии	6 человек	4 человека

Заключение

Проект автоматизации процесса обработки заявок в службе технической поддержки компании РОСНО продемонстрировал высокую экономическую эффективность и возможность быстрой окупаемости. Внедренное решение позволило сократить временные затраты на выполнение рутинных операций, минимизировать количество ошибок и повысить качество обслуживания клиентов.

Перспективы развития включают возможность применения аналогичных решений в других подразделениях компании, таких как бухгалтерия и управление персоналом. Также рассматриваются варианты миграции части инфраструктуры в облачные сервисы для дальнейшего снижения капитальных затрат. Информационная безопасность остается приоритетом при внедрении новых технологий, что гарантирует защиту данных миллионов клиентов и партнеров.

Список литературы

1. Электронная библиотека МФПА Microsoft Solutions Framework Модель процессов MSF вер. 3.1
2. Ким В.С. Проектирование информационных систем: современные подходы. — М.: Горячая линия-Телеком, 2018.
3. Вендров А.М. «CASE технологии Современные методы и средства проектирования информационных систем» М.: Финансы и статистика, 1998г. — 176 с.: ил.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 2. — С. 93-100. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. — EDN QQRQXE.
5. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 102-111. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. — EDN QIKKRO.
6. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 4. — С. 42-53. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. — EDN BMZBYL.
7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. — 2022. — Т. 15, № 2. — С. 33-41.
8. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. — 2022. — Т. 15, № 3. — С. 7-16.
9. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В. Тэн //

References

1. IFPA electronic library Microsoft Solutions Framework Model of MSF processes ver. 3.1
2. Kim V.S. Designing information systems: modern approaches. — M.: Hotline-Telecom, 2018.
3. Vendrov A.M. "CASE technologies Modern methods and means of designing information systems" M.: Finance and statistics, 1998 – 176 p.: ill.
4. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
5. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.
6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.
8. Zarevich A.I., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.
9. Korobova, L. A. A systematic approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Eynullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИИ

А.В. Полуэктов¹, А.И. Заревич¹, Ф.В. Макаренко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматривается история появления языковых моделей, проводится оценка их возможностей. Выполняется сравнительный анализ каждой из моделей, оцениваются их индивидуальные особенности, проводится сравнительный анализ.

Ключевые слова: языковая модель, искусственный интеллект, BERT, GPT, Llama 2, YaLM, GigaChat, DeepSeek V3.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF AI LANGUAGE MODELS

A.V. Poluektov¹, A.I. Zarevich¹, Ph.V. Makarenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper explores the history of the emergence of language models and evaluates their capabilities. A comparative analysis of each model is performed, assessing their individual characteristics, and a comparative analysis is conducted.

Key words: language model, artificial intelligence, BERT, GPT, Llama 2, YaLM, GigaChat, DeepSeek V3.

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) – это не просто технологический прогресс, это трансформация человеческой цивилизации. Понимание истории и текущего состояния ИИ, а также его потенциала и ограничений, необходимо для эффективного использования этой технологии и построения будущего, где ИИ будет служить на благо общества. Развитие ИИ связано с решением следующих задач – экономический рост и повышение производительности; решение сложных проблем; улучшение качества жизни; научный прогресс; обеспечение безопасности; социальное воздействие.

Рассмотрение этих задач невозможно без привязки к истории, так ИИ в историческом контексте можно условно разделить на следующие этапы:

1950-е – 1970-е: начало исследований в области ИИ, попытки создать “мыслящие” машины, что привело к развитию алгоритмов поиска, логического программирования и представления знаний. ИИ был ограничен в решении неструктурированных задач и задач с большим объемом данных.

1980-е: практическое применение ИИ в бизнесе и промышленности, создание экспертных систем, основанных на правилах. Экспертные системы были хрупкими, требовали постоянной поддержки экспертов и не могли обучаться самостоятельно, что привело к спаду интереса.

1990-е – 2000-е: возрождение интереса к ИИ благодаря успехам в машинном обучении, особенно статистическим методам и алгоритмам, способным обучаться на больших данных.

2010-е – настоящее время: Революционный прорыв в области ИИ благодаря развитию глубокого обучения и нейронных сетей, позволяющих решать сложные задачи, которые ранее были не под силу. Этические вопросы, предвзятость алгоритмов, проблемы с объяснимостью решений, высокие вычислительные затраты.

Одним из аспектов развития ИИ стало создание языковых моделей (LLM) – от простых систем, основанных на правилах, до сложных нейронных сетей. Оценить их можно только сравнивая направления развития и их возможности.

До 2000-х: системы строились на основе правил. Они были ограничены и не могли обрабатывать сложные и неоднозначные предложения. Позволяли создавать модели, основанные на анализе частоты встречаемости слов и фраз в текстах.

Переход к нейронным сетям и глубокому обучению (2000-е – 2010-е) : характеризуется развитием в трех направлениях:

- рекуррентные нейронные сети (RNN) – позволило моделям обрабатывать последовательности слов и запоминать контекст. RNN значительно улучшили качество машинного перевода и генерации текста.
- эмбединги слов (Word2Vec и GloVe) – позволила представлять слова в виде векторных пространств, где семантически близкие слова расположены рядом. Это улучшило способность моделей к пониманию семантики.
- sequence-to-sequence модели – позволили создавать модели, способные преобразовывать текст из одной последовательности в другую.

2017 – настоящее время:

- трансформеры (Transformer) – модели могут обрабатывать параллельно длинные последовательности слов, значительно ускоряя процесс обучения и улучшая качество результатов.
- BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) – позволили точнее понимать текст используя двунаправленные представления слов для лучшего понимания контекста.
- GPT (Generative Pre-trained Transformer) – серия моделей GPT (GPT-1, GPT-2, GPT-3, GPT-4) продемонстрировала впечатляющие возможности в генерации текста, близкого к человеческому.
- большие языковые модели (LLM) – современные LLM, такие как GPT-3, GPT-4, LaMDA, PaLM, представляют собой огромные нейросети, обученные на гигантских наборах данных. Они способны выполнять широкий спектр задач, от генерации текста до написания кода, перевода, суммирования, и ответов на вопросы.

Таким образом, указанные языковые модели позволили обрабатывать информацию в следующих областях: генерация текста, машинный перевод, понимание текста, образование, научные исследования, разработка программного обеспечения, медицина, финансы, юриспруденция, искусство и креативность.

Рассмотрим и проведем анализ использования языковых моделей, разработанных на данный момент.

Языковая модель BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers). Страна разработки – США, компания-разработчик – OpenAI AI, модель является открытой. Архитектура построения BERT основана на архитектуре Transformer, в частности, на его энкодерной части, использует многослойный двунаправленный механизм внимания (self-attention), что позволяет учитывать контекст как слева, так и справа от слова в предложении. Не использует декодер, так как BERT предназначен для понимания текста, а не для его генерации. Особенностью обработки данных то, что BERT обучается предсказывать как предыдущее, так и последующее слово в предложении, что дает более глубокое понимание контекста. Модель учиться понимать отношения между словами, а также обучается предсказывать, является ли одно предложение продолжением другого. Для обучения используются текстовые данные, такие как Википедия и книги, а затем может быть дообучен для конкретных задач. В качестве заявленных характеристик и возможностей, озвученных разработчиком – улучшенное понимание контекста и семантики текста, высокая точность в задачах классификации

текста, ответов на вопросы, извлечения информации и т.д. При этом модели BERT для различных языков могут давать различные по качеству результаты, хотя и существуют мультиязычные версии BERT (mBERT). BERT хорошо подходит для задач классификации текста, ответов на вопросы, извлечения информации, распознавания именованных сущностей, анализа тональности. Применяется в поисковых системах, чат-ботах, анализе отзывов, медицинской диагностике, анализе юридических документов, анализе социальных сетей.

Следующая языковая модель – GPT (Generative Pre-trained Transformer), причем это целый класс моделей. Страна разработки – США, Компания-разработчик – OpenAI. Архитектура построения GPT построена на использовании одностороннего механизма внимания, что позволяет генерировать текст последовательно, слово за словом. В качестве уникальных особенностей и инновации можно выделить то, что GPT специализируется на генерации связного и релевантного текста, обучается на большом объеме текстов из интернета, а также может быть дообучен на специфических наборах данных для конкретных задач. В качестве основных задач GPT может быть использован для создания чат-ботов, написания статей, создания сценариев, перевода текста, генерации программного кода и как виртуальный ассистент.

Llama 2 представляет собой открытую модель, доступную как для исследовательских, так и коммерческих целей. Страна разработки – США, компания-разработчик – Meta AI (ранее Facebook AI). Архитектура построения близка GPT и оптимизирована для эффективной работы с длинными последовательностями текста. Особенность Llama 2 заключается не только в том, что она предоставляет открытый доступ к исходному коду и весам модели, но и открыта к исследованиям и развитию. Подходит для генерации текста, ответов на вопросы, чат-ботов, диалоговых систем, создания контента.

DeepSeek V3 разработана в Китае. Архитектура построения основана на усовершенствованной архитектуре Transformer. В качестве заявленных характеристик и возможностей должна обладать более высокой точностью и качеством генерации текста по сравнению с существующими моделями, может предоставлять возможности для работы с мультимодальными данными. Должна быть способна выполнять широкий спектр задач: от генерации текста до перевода, суммирования, ответа на вопросы, решения логических задач. Области применения – чат-боты, виртуальные ассистенты, создание контента, научные исследования, образование, разработка, финансы.

И последние две языковые модели разработаны в Российской Федерации – это YaLM от Yandex и GigaChat от Сбербанка.

YaLM (Yet Another Language Model). Архитектура YaLM основана на архитектуре Transformer, аналогично GPT и использует механизм внимания для обработки контекста. Предназначена для решения широкого спектра задач, связанных с русским языком. Обучалась на больших объемах текстовых данных, собранных из интернета, в основном русскоязычных. Также используется англоязычные и другие языковые данные для улучшения обобщения. В качестве заявленных возможностей – генерация текста, перевод, суммаризация, ответы на вопросы, диалоговые системы.

Архитектура GigaChat основана на архитектуре Transformer, использует комбинацию энкодера и декодера.

Ориентирована на русский язык, но поддерживает и другие языки и направлена на бизнес-применения в сервисах и продуктах Sber. Обучается на больших наборах русскоязычных и англоязычных текстов. Также используются специфические наборы данных для обучения моделям конкретным задачам. Выполняет генерацию текста, перевод, ответы на вопросы, диалоговые системы, создание контента. GigaChat доступен через API Sber, а также используется в различных продуктах экосистемы компании.

Рассмотрев ряд языковых моделей можно выделить некоторые характеристики присущие только определенным языковым моделям, рассмотрим их.

Особенности BERT.

- Двухнаправленное обучение (Bidirectional Training) – позволяет модели одновременно анализировать контекст слова с обеих сторон, что обеспечивает глубокое понимание семантики и контекста.
- Маскирование слов (Masked Language Modeling) – обучение строится на предсказании пропущенных слов в предложении, что помогает модели лучше понимать контекстные связи между словами.
- Предобучение для понимания текста – отлично подходит для классификации текста, ответов на вопросы, извлечения информации и других задач, где требуется понимание контекста.
- BERT лучше приспособлен для задач, требующих анализа и понимания текста, а не его генерации.

Особенности GPT.

- Генерация текста, близкого к человеческому (High-quality text generation) – специализация на генерации связного, последовательного и релевантного текста. GPT в больших версиях (GPT-3, GPT-4) достигает очень высокого качества в генерации текста, который трудно отличить от написанного человеком.
- Масштабируемость (Scalability) – GPT-3, GPT-4 демонстрируют способность улучшать качество генерации с увеличением размера модели и объема данных для обучения.
- Способность следовать инструкциям (Instruction Following) – модели хорошо умеют выполнять задачи на основе текстовых инструкций.
- Few-Shot Learning – способность решать новые задачи, используя лишь несколько примеров (few-shot learning).
- Способность к креативности: GPT способен генерировать креативный текст, стихи, сценарии, код и другие виды контента.
- GPT лучше подходит для задач, где требуется генерация текста.

Особенности Llama 2.

- Выделяется тем, что предоставляет открытый доступ к исходному коду и весам модели, что делает ее более доступной для исследований и коммерческого использования.
- Доступна в разных размерах (7B, 13B, 70B), что позволяет выбирать подходящий баланс между производительностью и качеством для конкретных задач.
- Оптимизирована для работы в диалоговых системах, что делает ее хорошим выбором для чат-ботов и виртуальных ассистентов.
- Имеет открытый исходный код и ориентирована больше на генерацию текста.

Особенности YaLM.

- Разработана специально для русского языка и других языков, включая тюркские. Она обладает высоким качеством понимания и генерации текста на русском, что делает ее хорошим выбором для задач, связанных с этим языком.
- Интегрирована в различные сервисы Yandex, что обеспечивает ее эффективное использование в экосистеме компании.
- Yandex предоставляет доступ к некоторым моделям и библиотекам YaLM, что способствует исследованиям.

- Лучше подходит для русскоязычных задач и хорошо интегрирована в сервисы Яндекса.

Особенности GigaChat.

- Разработан с акцентом на бизнес-применения, что делает его подходящим для использования в различных сервисах и продуктах Sber.

- Обеспечивает хорошую поддержку разных NLP задач.

- Разрабатывался для применения в бизнесе.

Особенности DeepSeek.

- Обладает увеличенной длиной контекста, позволяя модели понимать более длинные последовательности текста.

- Может использовать новые методы обучения или оптимизации, которые могут приводить к более высокой точности и качеству генерации текста.

- Может быть оптимизирована для конкретных задач или языков.

Подводя итог, мы можем указать сводную таблицу уникальных возможностей:

Таблица 1 – Сводная таблица уникальных возможностей

Модель	Уникальные возможности
BERT	Двунаправленное обучение, маскирование слов, оптимизация для понимания текста
GPT	Высококачественная генерация текста, креативность, Few-shot learning, масштабируемость, инструктаж
Llama 2	Открытый исходный код, разные размеры, оптимизация для диалоговых систем
YaLM	Русскоязычная ориентация, интеграция в сервисы Yandex, доступность для сообщества
GigaChat	Направленность на бизнес-применения, интеграция в экосистему Sber, поддержка разных NLP задач
DeepSeek V3	Увеличенный контекст, улучшенные алгоритмы обучения, специализация на конкретных задачах или языках, мультимодальность

Таким образом, ни одна модель не является уникальной по всем параметрам изучения, у каждой языковой модели имеются свои уникальные возможности и своя специализация. Поэтому, при выборе модели для конкретной задачи необходимо учитывать ее сильные стороны и возможности. BERT отлично подходит для понимания текста, GPT – для генерации, Llama 2 – открытая и гибкая, YaLM – для русскоязычных задач, GigaChat – для бизнес-задач, а DeepSeek V3, по предположениям, возможно, станет лидером по скорости и универсальности.

Список литературы

1. Васильев, Г. В. Программный-аппаратный комплекс для сбора данных, которые применяются в обучении искусственного интеллекта в области энергетики / Г. В. Васильев, А. В. Васильев, В. Д. Бердоносков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). Том Часть 3. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 163-165. – DOI 10.17084/978-5-7765-1480-7-2021-163. – EDN FJMMLZ.
2. Савин, И. М. Некоторые особенности эффективности применения искусственного интеллекта в сметах (на примере оптимизации календарных графиков) / И. М. Савин // OpenScience. – 2022. – Т. 4, № 1. – С. 75-82. – DOI 10.51632/2658-7939_2022_4_1_75. – EDN RHEIMR.
3. Косенкова, Е. Ю. Применение искусственного интеллекта в медицине / Е. Ю. Косенкова, Л. В. Гаев // Интеграция, эволюция, модернизация: пути развития науки и образования : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Саратов, 18 декабря 2023 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2023. – С. 191-194. – EDN SETDCZ.
4. Мананников, А. О. Применение искусственного интеллекта в образовании / А. О. Мананников, Л. В. Гаев // Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и тенденции развития: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Пермь, 24 декабря 2023 года. – Стерлитамак: ООО "Агентство международных исследований", 2023. – С. 180-182. – EDN HWFVFY.
5. Смольянинова, Е. Е. Применение искусственного интеллекта в психологии / Е. Е. Смольянинова, Л. В. Гаев // Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и тенденции развития: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Пермь, 24 декабря 2023 года. – Стерлитамак: ООО "Агентство международных исследований", 2023. – С. 184-186. – EDN SVJXOI.
6. Визгина, Е. О. Искусственный интеллект как средство перевода / Е. О. Визгина // Проблемы языка и перевода в трудах молодых ученых. – 2024. – № 23. – С. 58-68. – EDN ACWZDT.

7. Мещерякова, А. А. Разработка автоматизированной системы управления мобильным роботом / А. А. Мещерякова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 73-84. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. – EDN GCHUTB.

8. Мочалов, В. П. Алгоритм динамического распределения и балансировки нагрузки в распределенных облачных вычислениях / В. П. Мочалов, Н. Ю. Братченко, Д. В. Гостева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYU.

9. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбнева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

10. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Vasiliev, G. V. Hardware-Software Complex for Data Collection Used in Training Artificial Intelligence in the Field of Energy / G. V. Vasiliev, A. V. Vasiliev, V. D. Berdonosov // Youth and Science: Current Issues of Fundamental and Applied Research: Proceedings of the IV All-Russian National Scientific Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists. In 4 Parts, Komsomolsk-on-Amur, April 12–16, 2021 / Editorial Board: E. A. Dmitriev (Ed.), A. V. Kosmynin (Deputy Ed.). Part 3. – Komsomolsk-on-Amur: Komsomolsk-on-Amur State University, 2021. – Pp. 163-165. – DOI 10.17084/978-5-7765-1480-7-2021-163. – EDN FJMLLZ.

2. Savin, I. M. Some Features of the Effectiveness of Artificial Intelligence Application in Estimates (Using the Example of Calendar Schedule Optimization) / I. M. Savin // OpenScience. – 2022. – Vol. 4, No. 1. – Pp. 75-82. – DOI 10.51632/2658-7939_2022_4_1_75. – EDN RHEIMR.

3. Kosenkova, E. Yu. Application of Artificial Intelligence in Medicine / E. Yu. Kosenkova, L. V. Gaev // Integration, Evolution, Modernization: Paths of Development of Science and Education: Collection of Articles Based on the Results of the International Scientific and Practical Conference, Saratov, December 18, 2023. – Sterlitamak: Limited Liability Company "Agency for International Research", 2023. – Pp. 191-194. – EDN SETDCZ.

4. Manannikov, A. O. Application of Artificial Intelligence in Education / A. O. Manannikov, L. V. Gaev // Innovative Research: Problems of Implementation and Development Trends: Collection of Articles Based on the Results of the International Scientific and Practical Conference, Perm, December 24, 2023. – Sterlitamak: LLC "Agency for International Research", 2023. – Pp. 180-182. – EDN HWFVIFY.
5. Smolyaninova, E. E. Application of Artificial Intelligence in Psychology / E. E. Smolyaninova, L. V. Gaev // Innovative Research: Problems of Implementation and Development Trends: Collection of Articles Based on the Results of the International Scientific and Practical Conference, Perm, December 24, 2023. – Sterlitamak: LLC "Agency for International Research", 2023. – Pp. 184-186. – EDN SVJXOI.
6. Vizgina, E. O. Artificial Intelligence as a Translation Tool / E. O. Vizgina // Problems of Language and Translation in the Works of Young Scientists. – 2024. – No. 23. – Pp. 58-68. – EDN ACWZDT.
7. Meshcheryakova, A. A. Development of an Automated Control System for a Mobile Robot / A. A. Meshcheryakova // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 73-84. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. – EDN GCHUTB.
8. Mochalov, V. P. Algorithm for Dynamic Load Distribution and Balancing in Distributed Cloud Computing / V. P. Mochalov, N. Yu. Bratchenko, D. V. Gosteva // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYM.
9. Minakova, O. V. Improving the Efficiency of Work in Open Source Projects Based on Architectural Analysis (Using the Example of the Sahana Project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebneva, P. Yu. Gusev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
10. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

В.О. Сванидзе¹, К.В. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, А.И. Озеров¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается анализ систем генерации тестовых последовательностей. Показано, что тестопригодное проектирование цифровых устройств повышенной сложности зависит от размерности объекта проектирования, элементного состава и базы технологической реализации. Рассмотрены проблемы верификации и генерации тестов сложных цифровых схем.

Ключевые слова: верификация и генерация тестов, цифровые системы, генерация тестов, сложные системы, тестируемость.

ANALYSIS OF TEST SEQUENCE GENERATION SYSTEMS

V.O. Svanidze¹, K.V. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, A.I. Ozerov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the analysis of test sequence generation systems. It is shown that the testable design of digital devices of increased complexity depends on the dimension of the design object, the elemental composition and the base of technological implementation. The problems of verification and test generation of complex digital circuits are considered.

Key words: verification and test generation, digital systems, test generation, complex systems, testability.

Ни одна из существующих программ генерации тестов не может охватить и разрешить весь комплекс проблем, связанных генерацией тестов для цифровых схем. Разработка тестов – процесс крайне трудоемкий и проблему тестируемости необходимо начинать решать на ранних этапах проектирования, когда ошибки

обнаружить и устранить значительно проще и инженеру требуется достаточно много времени для создания хороших тест – векторов (рисунок 1).

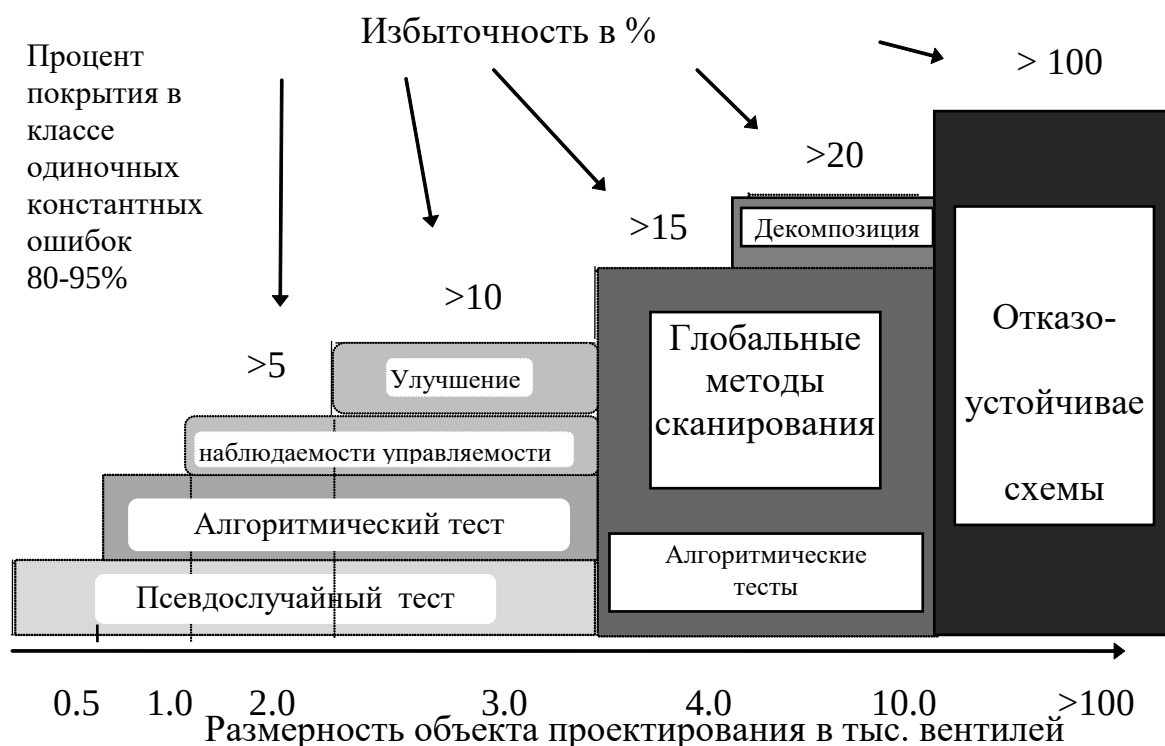


Рисунок 1 – Тест-вектор

Возможности большинства коммерческих программ автоматической генерации тестовых последовательностей таковы, что уже при размерности схемы 2000 вентилей процент покрытия снижается до 80%. $5 \cdot 10^3$ – $5 \cdot 10^4$ вентилей – это практически предел для известных способов автоматической генерации тестовых последовательностей.

Таким образом, при проектировании цифровых схем функциональные и диагностические требования необходимо рассматривать совместно, и адекватную тестопригодность можно достичь только лишь при использовании принципов контролепригодного проектирования. Трудность создания теста прямо связана со сложностью модели объекта проектирования.

Попытки создать модель, максимально точно описывающую реальную ситуацию функционирования устройства, чаще всего приводит к тому, что формальная задача создания теста становится алгоритмически неразрешимой. Если подобная ситуация не угрожает, то с алгоритмической точки зрения задача создания теста относится к класс наиболее сложных (NP – полных) и поэтому к вопросу о ее решения для реальных объектов следует подходить с пониманием сложности проблемы.

Дальнейшим развитием D – алгоритма являются PODEM и FAN – алгоритмы, позволившие модифицировать алгоритмы обратного продвижения и возвратов, существенно сократив время синтеза теста и его длину при сохранении всех диагностирующих свойств.

В отличие от алгоритмических способов генерации, предложено и реализовано разнообразных алгоритмов эвристических и псевдослучайных способов синтеза тест – векторов. В исследованиях рассмотрен метод синтеза тестопригодных дискретных устройств, ориентированных на применение равновероятных псевдослучайных сигналов для организации вероятностных преобразований во внутренних полюсах объекта контроля. Предложен алгоритм введения специальных структурных средств – вероятностных преобразователей – с целью повышения эффективности диагностических процедур.

Рассматривается метод тестирования последовательностных схем случайными тестовыми наборами, отличаются простотой реализации и высокой полнотой тестирования.

В основе подхода лежит идея сохранения случайно сгенерированного набора вектора сигналов на внешних входах или сканирующих триггерах схемы – в течение некоторого промежутка времени пока идет считывание на ее внешних выходах. Количество тестовых циклов, в течение которых случайный вектор сигналов сохраняется на входах схемы, основа анализа ее контролепригодности, класс характеристик генератора тестов.

В исследованиях рассмотрены вопросы построения и применения системы логического моделирования и генерации проверяющих тестов для цифровых устройств АСМИД-П. Предлагаемая система основана на разработанной единой математической модели цифровых устройств в виде специальных многозначных функций. Применение системы повышает производительность труда при проектировании и диагностировании цифровых устройств.

Сложность тестирования схем с памятью общеизвестна. Рассматривается методика верификации и генерации тестов для последовательностных схем типа конечных автоматов. В основе метода лежит процедура обхода состояний в графе перехода состояний. Рассмотрены проблемы эффективного обхода графа состояний, выявление в нем избыточных состояний, а также построение модели ошибочных состояний.

Для достижения высокой полноты проверки корректности конечного автомата предложен метод свертки переходов состояния.

Для ускоренной верификации генерируемых тестовых последовательностей используется эвристическая информация, которая также обеспечивает сокращение пространства анализируемых состояний верификации и генерации тестов для последовательностных схем типа конечных автоматов.

Вопросы генерации тестовых последовательностей для СБИС ориентированы на создание оптимальной системы генерации оптимального тест – вектора, как с позиции обнаружения максимального количества неисправностей, так минимизации и длины тестовой последовательности и сокращения времени получения этой последовательности.

На основании рассмотренных материалов по обеспечению тестопригодного проектирования сложных цифровых устройств что эта системная задача должна включать в себя:

- анализ требований ТЗ (условия реализации целевой функции, быстродействие, возможности технологии, реализации) ;
- анализ тестопригодности элементов технологической базы реализации;
- анализ экономических показателей проектирования, отладки, тестирования, эксплуатации.

Наличие эффективной системы автоматизированного проектирования и технологической базы реализации – основа успешного проектирования с учетом тестопригодности, приводит к сокращению сроков проектирования и экономических показателей, при этом вероятно снижение производительности проектируемого устройства на 5-10% и увеличение элементного состава на 20-30%.

Тестопригодное проектирование цифровых устройств повышенной сложности (СБИС) зависит от размерности объекта проектирования, элементного состава и базы технологической реализации.

Рассмотрим проблемы верификации и генерации тестов сложных цифровых схем. Сокращение времени жизни новых продуктов на рынке требует интерактивного диагностирования, то есть, прогнозирования возможных неисправностей и превентивного устранения причин их возникновения на этапах разработки, предшествующих промышленному производству.

Основные способы диагностирования: выявление потенциально слабых узлов ИС и их устранение совместно с разработчиками, анализ статических данных о наиболее характерных неисправностях ИС, выполненных ранее с использованием аналогичного технологического процесса; генерация помимо традиционных промышленных отбраковочных тестов специальных “диагностических” тестовых последовательностей, ориентированных на локализацию неисправных

элементов; введение в ИС вспомогательных цепей повышающих диагностируемость, поскольку традиционные методы повышения тестируемости не обеспечивают необходимой разрешающей способности. Необходимо создавать специальные программы средств автоматизации диагностирования.

Проблема создания удовлетворительного теста, а именно это и является основной целью работы (а одновременно и создания формальной модели объекта проектирования) можно считать решенной, если на устройство подаются всевозможные тестовые воздействия (исчерпывающее тестирование).

Если объект комбинационный – будет осуществлена полная проверка, при условии, что имеется информация о реакции исправного устройства на все входные воздействия. Естественно – объем информации огромен и это достаточно серьезная проблема, поскольку эталонную **информацию необходимо сохранять**. Здесь необходимо сделать некоторые замечания относительно полного множества ошибок присущего объекту диагностирования.

Выше было отмечено, что выбор определенного (характеристического) множества потенциальных ошибок, которые могут с достаточно высокой вероятностью возникать и отражаться на работоспособность, позволяет сократить как объем эталонных реакций, так и длину тестовой последовательности.

Единственным препятствием к реализации подобного похода, является сильная зависимость роста входных воздействий от размерности входа, которая еще более усугубляется для объектов проектирования с памятью.

В силу того, что проведение полной проверки невозможно, необходим поиск методов верификации, базирующих на законах больших чисел, а решение “годен – не годен” принимать по значениям некоторой целевой (интегральной) функции.

Процент покрытия ошибок, определяется в процессе процедур проектирования с использованием программ моделирования. Основная проблема низкая скорость верификации огромного числа входных воздействий. Причиной **снижения скорости** моделирования связано как выбором алгоритма моделирования, его реализации (программной либо аппаратной), формальной модели объекта и выбора адекватной модели неисправности.

С увеличением степени интеграции СБИС растет вероятность отказов их структурных элементов. Перспективным путем является проектирование СБИС способных к самотестированию и самовосстановлению. Разработанные средства позволяют проектировать системы, способные обнаруживать и корректировать

неисправности, путем структурной рекофигурации и внесения аппаратной избыточности.

Резюмируя рассмотренные вопросы, можно сделать следующие выводы об основных проблемах верификации и генерации тестов:

- рост сложности объекта проектирования (элементный, структурный, функциональный), числа ошибок и как следствие резкое снижение скорости моделирования (верификации) и снижение процента ошибок из-за низкой эффективности тестовых последовательностей;

- выбор формальной модели неисправности, адекватной физическим неисправностям конкретного устройства и конкретного технологического процесса;

- разработка структурных решений, улучшающих тестопригодность;

с ростом размерности объекта диагностирования падает эффективность способов генерации тестовых последовательностей, растет как время генерации, так и длина теста.

При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes.

– 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.
13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.
14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ВЕРИФИКАЦИЯ И ГЕНЕРАЦИЯ ТЕСТОВ СЛОЖНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

В.О. Сванидзе¹, К.В. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, В.А. Дорохов¹,
М.Э. Харченко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается верификация и генерация тестов сложных цифровых систем. Выполнен анализ тестируемости цифровых схем и генерации тестов. Рассмотрена тестовая структура метода. Показано, что существенный экономический выигрыш возможен лишь при создании сложной системы, в то время как для простых цифровых систем, потери от задержки выхода на рынок сводит на нет всей выгоды от улучшения тестируемости.

Ключевые слова: верификация и генерация тестов, цифровые системы, генерация тестов, сложные системы, тестируемость.

VERIFICATION AND TEST GENERATION OF COMPLEX DIGITAL SYSTEMS

V.O. Svanidze¹, K.V. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, V.A. Dorohov¹,
M.E. Harchenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the verification and test generation of complex digital systems. The analysis of the testability of digital circuits and test generation is performed. The test structure of the method is considered. It is shown that significant economic gains are possible only when creating a complex system, while for simple digital systems, losses from delayed market entry negate all benefits from improved testability.

Key words: verification and test generation, digital systems, test generation, complex systems, testability.

Техническая и экономическая целесообразность создания изделий микроэлектроники высокой степени интеграции стимулировала создание новых технологий производства таких изделий и методологий их проектирования. От кристаллов сложностью 10 – 15 тысяч вентиляей, изготавливаемых по 3-мкм технологии, изготовители ИС на стандартных элементах и вентиляных матрицах переходят к массовому производству 2-мкм полузаказных кристаллов сложностью 25 – 50 тысяч вентиляей. В данных о производстве фирмой LSI Logic Corp. по 1.5 – мкм технологии с двумя уровнями соединительной металлизации кристаллов, содержатся до 125 – 150 тысяч вентиляей. Дальнейшая интеграция до 250 – 500 тысяч вентиляей на кристалл будет достигнута в результате последующего перехода на минимальные проектные нормы 1мкм и менее.

Исходя из темпов роста степени интеграции, в технической литературе анонсируется к концу текущего тысячелетия появление ИС, создаваемых в условиях промышленного производства по 0,25-мкм технологическим нормам с числом транзисторов, превышающим 30 млн. Проектирование изделий такого уровня относится к задачам высшей степени сложности. В НПО "Электроника" ведутся разработки по созданию элементной базы для производства полузаказных схем по биполярной технологии с 1,5 мкм проектными нормами.

В этом базисе проведены разработки БМК на 50 тыс. логических вентиляей (ЛВ). Ведутся разработки базового кристалла на 100 тысяч логических вентиляей и проведены эскизные разработки с ориентацией на 1-мкм проектные нормы БМК сложностью порядка 1 миллион ЛВ.

С ростом размерности и функциональной сложности проектируемых цифровых схем пропорционально усложняются и проблемы тестирования для выявления потенциальных ошибок электронной схемы, которая может содержать тысячи внутренних узлов, «прозрачность» которых как для установки определенного логического уровня, так и для его наблюдения при выполнении процедуры контроля через контакты ввода/вывода резко снижается.

Одной из насущных проблем проектирования СБИС является проблема тестируемости, ставящей своей целью по возможности снизить временные, вычислительные и человеческие усилия, необходимые для генерации тест-векторов контроля БИС., что в определенной степени снижает усилия по контролю и эксплуатации.

Традиционно, решение вопросов повышения тестируемости ориентировано на повышение степени управляемости (контролепригодности) / наблюдаемости внутренних узлов СБИС, либо для обеих характеристик схемы. Улучшить

“управляемость и наблюдаемость” проектируемой системы – это не что иное, как упростить для этой системы установочной и диагностической задачи, то есть уменьшить длину установочной и диагностической последовательности. Для “реальных” схем эти определения вводятся более конкретно.

Управляемость полюса **p** определяется как минимальное число полюсов схемы, которым должно быть задано фиксированное значение для того, чтобы полюс **p** установить в требуемое значение ($1/0$).

Наблюдаемость полюса **p** определяется, как минимальное число полюсов схемы которому должно быть придано фиксированное значение, для того чтобы изменение значения полюса привело к изменению значения какого-либо выхода схемы.

Рост сложности проектируемых цифровых схем делает задачу построения тестовых последовательностей трудноразрешимой. Это приводит к необходимости радикальных изменений в решении задач технического диагностирования на этапе проектирования. Так, например, количество компонентов в БИС за последние десять лет выросло на два порядка, а затраты на диагностирование БИС, в которых не уделялось должного внимания тестопригодности на этапе проектирования, растут экспоненциально в зависимости от сложности объекта.

Кроме того, в общем случае, проблема тестируемости несет в себе и определенные недостатки:

- часто требуется увеличение числа выводов микросхемы. Кроме того, число выводов у ИС на несколько порядков величины меньше, чем число логических вентилях на кристалле СБИС внутри корпуса. То есть, условия доступа к различным узлам проектируемого устройства для обнаружения крайне ограничены и поэтому многие проекты оказались не состоятельными из-за неразрешимости проблемы их тестирования;

- требуется введения дополнительных логических вентилях (до 20%) и межсоединений, для выполнения основных функций схемы.

При этом необходимо упомянуть о том, что все это влечет за собой снижению выхода годных и удорожанию изделия; снижению быстродействия и увеличению мощности рассеивания;

- структурные преобразования последовательностного объекта проектирования.

В рассмотренных исследованиях представлена методика отбора элементов памяти путем их ранжирования на основе вычисления стоимостной функции для последующей организации цепей повышения контролепригодности: частичного

сканирования, встроенного самотестирования либо введением дополнительных контрольных точек для повышения параметров управляемости и наблюдаемости.

Основное отличие предлагаемой методики от существующих методов локального повышения контролепригодности последовательностных схем: ориентация не на специально генерируемые последовательности, а на повышение уровня покрытия неисправностей функциональными либо псевдослучайными тестами, точная оценка зависимости уровня тестируемости от включения каждого последовательного элемента в цепи повышения контролепригодности, возможность построения не только цепей частичного сканирования, но и схем частичного самотестирования, либо введением дополнительных точек контроля и управления.

Возможность раннего диагностирования неисправностей крайне необходима еще и потому, что стандартные оценки стоимости диагностирования неисправностей для уровней кристалла, платы, системы, свидетельствуют о возрастании стоимости на порядок при переходе от уровня к уровню. Ни один из известных методов проектирования с учетом тестируемости не дает в полной мере решение проблемы при его применимости во всех случаях проведения проектов, и тем не менее, выбрав единый подход, лучше всего последовательно придерживаться его на всех этапах ведения проекта.

Вопрос выбора того или иного метода повышения тест прогодности необходимо решать исходя сопоставления таких преимуществ, как упрощение генерации тест – векторов, увеличение покрытия ошибок и сокращение времени тестирования с рассмотренными выше недостатками.

Повышение управляемости и наблюдаемости схемы достигается за счет ввода дополнительных элементов и модификацией схемы.

Что касается проектирования комбинационных схем, то большое внимание обращают на программируемые логические матрицы (ПЛМ), которые достаточно регулярны и хорошо подходят для реализации как СБИС.

Для реализации процедуры генерации тестов последовательностных схем используется генерация специальных последовательностей (различающих, характеристических), основанная на использовании диаграмм состояний, описывающей работу схемы. Схема модифицируется за счет введения дополнительных входов и дополнительных состояний.

Методы требуют включения в схему специальных триггеров, из которых в тестовом режиме формируется один или несколько распределенных сдвиговых

регистров. При этом значение каждого триггера можно устанавливать или наблюдать посредством последовательного сдвига битов. Методы сканирования предназначены преимущественно для статического тестирования дискретных схем, хотя с их помощью возможно выделения некоторого процента и динамических ошибок.

Методы сжатия данных и сигнатурного анализа позволяют контролировать состояние схемы на рабочей частоте и в нормальном рабочем режиме. Данные, проходящие через схему, подвергаются пространственному и временному сжатию с формированием сигнатуры (контрольной комбинации нулей и единиц), которая говорит о том, правильно ли работала схема при выполнении теста.

Ошибка сигнатуры свидетельствует о неправильной работе кристалла.

Улучшение наблюдаемости внутренних узлов, обеспечиваемое благодаря схеме сжатия данных, дает возможность использовать более короткие множества тест векторов, которые проще генерировать и которые дают высокий процент покрытия потенциальных неисправностей кристалла. В рассмотренных исследованиях предложен метод обобщенного параллельно – сигнатурного анализа моделирования неисправностей.

Метод самотестирования можно рассматривать как один из методов проектирования с учетом тестируемости, при котором объем данных, поступающих на кристалл и выдаваемых из кристалла, существенно сокращен, по сравнению с вышеописанными методами. Совершенно ясно, что данный метод требует соответствующих площадей на кристалле. Считается, что эта величина может достигать до 30%. Требование со временем проверки при встроенном тестировании, более слабое по сравнению с применением тестера. В общем случае тестовая структура метода имеет вид, представленный на рисунке 1.

Для генерации тестовой последовательности используются генераторы регулярных или случайных тестовых последовательностей. Анализатор осуществляет сравнение с правильным откликом. С целью гарантирования правильного функционирования дополнительных схем, реализована в виде самопроверяемой схемы.

Метод встроенного контроля логических блоков (BILBO) сочетает элементы сканирования и сжатия данных и лучше всего подходит для обширного класса цифровых схем, содержащих взаимосвязанные логические блоки с триггерами – защелками в трактах данных между этими блоками. BILBO является одним из способов, предусматривающих сочетание метода сканирования и с контрольными регистрами, что обеспечивает простоту тестирования или самотестирования.

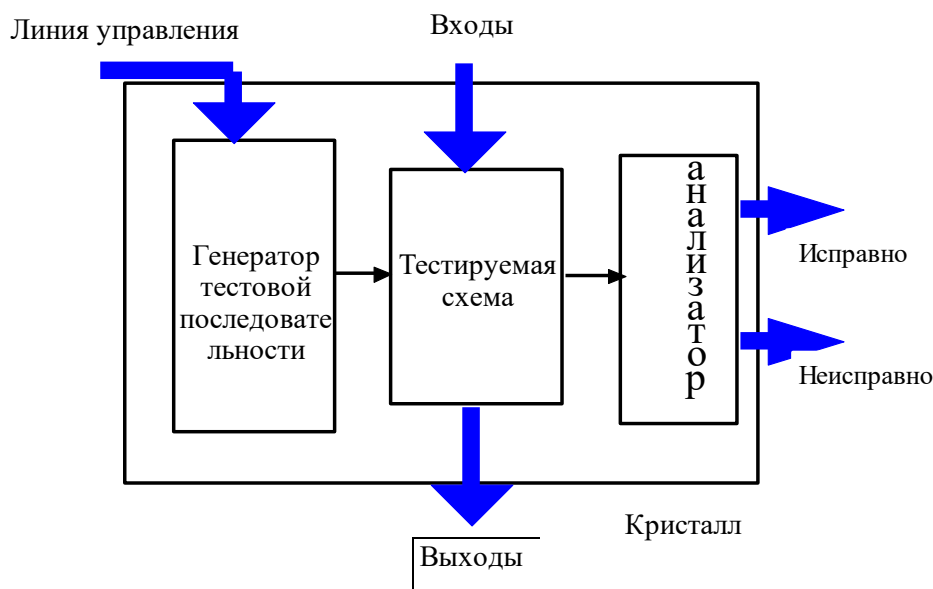


Рисунок 1 – Тестовая структура метода

В технике встроенного тестирования имеется много предложений по реализации СБИС с соответствующей организацией самотестирования. Это и самотестирование при помощи встроенных средств обратной связи и метод синдромного тестирования. Но применение подобных методов требует оценки целесообразности этого применения с экономической точки зрения. В рассмотренных исследованиях приведены примеры оценки экономической целесообразности применения встроенного самотестирования и граничного сканирования.

Существенный экономический выигрыш возможен лишь при создании сложной системы, в то время как для простых цифровых систем, потери от задержки выхода на рынок сводит на нет всей выгоды от улучшения тестируемости. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В.

Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes.

– 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

В.И. Силонов¹, И.А. Прокопенко¹, Н.Ю. Заленская¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при изучении и описании был проведен анализ выбранной темы. Была изучена соответствующая литература, описывающая принципы, методы и практическое применение моделирования систем обслуживания, а также были выявлены проблемы и предложены способы их решения.

Ключевые слова: Моделирование, Системы обслуживания.

SERVICE SYSTEM MODELING: PROBLEMS AND SOLUTIONS

V.I. Silonov¹, I.A. Prokopenko¹, N.Yu. Zalenskaya¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, an analysis of the chosen topic was carried out during the study and description. The relevant literature describing the principles, methods, and practical application of service system modeling was studied, and problems were identified and solutions proposed.

Keywords: Modeling, Service systems.

Введение

В настоящее время системы обслуживания играют важную роль в различных сферах жизни, начиная от бизнеса и транспорта, заканчивая медициной и информационными системами. Грамотная и эффективная организация таких систем позволяет уменьшить затраты и повысить скорость работы, что улучшит качество обслуживания пользователей.

Моделирование систем обслуживания является достаточно важным инструментом для улучшения работы и их анализа. С помощью математических моделей можно предсказать поведение системы, и следовательно, выявить «хрупкие» места и предложить способы их решения.

В данной статье рассматриваются основные принципы моделирования систем обслуживания, методы анализа, проблемы и решения, а также практическое применение в различных отраслях.

Начнем с того, что дадим определение, что есть моделирование систем обслуживания.

Итак, моделирование систем обслуживания — это процесс, при котором создается абстрактная модель, отражающая саму структуру системы, ее функционирование, а также все процессы системы, включая все механизмы и ее характеристики.

Теперь поговорим об основных принципах моделирования систем обслуживания:

1. Определение входных параметров – необходимо учитывать поток и количество заявок, а также их время обслуживания.
2. Учет случайности и неопределенности – так как системы обслуживания характеризуются непредсказуемостью, поэтому используются вероятные методы (законы распределения, моделирование случайных процессов, а также анализ очередей и их влияние на производительность системы).
3. Оптимизация и прогнозирование – оценка производительности системы, предложение вариантов улучшения, а также прогнозирование поведения системы при каких-либо изменениях нагрузки.

Далее поговорим о методах моделирования систем обслуживания. Давайте разберем три основных, они представлены ниже:

1. Аналитический метод – основан на математических расчетах, которые описывают поведение системы с помощью формул (рисунок 1).

В этот метод также входит:

- теория массового обслуживания. Основные характеристики: среднее время ожидания, длина очереди, загрузка обслуживающих устройств;
- методы теории вероятностей и статистики. Используются при случайном характере процессов, а также используют законы распределения.

Вероятность отказа:

$$P_{отк} = P_n = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0$$

$$p = \frac{\lambda}{\mu}$$

Относительная пропускная способность

$$q = 1 - P_{отк} = 1 - \frac{P_n}{n!} \cdot P_0$$

Абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda \cdot q = \lambda \cdot (1 - P_{отк})$$

Среднее число занятых каналов

$$k_z = \sum_{k=1}^n k \cdot P_k = \rho(1 - P_{отк})$$

Среднее время простоя СМО

$$T_0 = P_{отк} \cdot t_{обс}$$

$$t_{обс} = \frac{1}{\mu}$$

Среднее число обслуживаемых заявок [1]

$$L_0 = p \cdot q$$

Рисунок 1 – Формулы вычисления основных показателей для аналитического метода

2. Имитированное моделирование – это такой метод, в котором изучаемая нами система заменяется моделью, которая с точностью описывает реальную систему или же – это описание уже существующей системы с характеристиками основных событий.

3. Дискретно-событийное моделирование (рисунок 2). В его основе лежит такая работы системы, в которой события представлены в хронологическом порядке. Также оно используется в логистике, медицинских системах, а также в телекоммуникациях.

Теперь коснемся проблем, с которыми сталкивается моделирование систем обслуживания:

1. Из-за сложности системы её реализация дается достаточно сложно и требует достаточно усилий.

2. Если данные параметры определены, но между ними нет связи (они не взаимосвязаны), то моделирование такой системы тоже дается достаточно сложно.

Если нам недостаточно таких данных как, время обработки, точность запросов и др. характеристик, то вероятность неточности структуры возрастает

Дискретно-событийные системы:

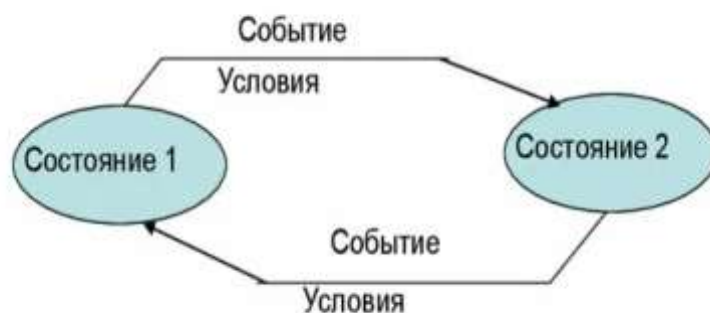


Рисунок 2 – Дискретно-событийный метод в моделировании систем обслуживания

Поговорив о проблемах, следует поговорить о возможностях их решения.

Чтобы таких проблем не возникало, можно воспользоваться несколькими способами, которые перечислены ниже.

Начнем с того, что сейчас очень активно развивается такое направление, как информационные технологии, и не для кого не секрет, что использование более современных специальных ПО, которые увеличивают скорость работы, и делают проектирование более доступным и упрощенным, может решить ряд таких проблем как, неточность вычислений, ошибки в прогнозировании результатов и поведения системы в меняющихся условиях, и много других проблем.

Еще одним способом решения можно считать постоянное обновление системы, которое должно происходить постоянно, что повысит адаптацию системы к изменяющимся условиям.

Ну и помощь экспертов и специалистов в этой сфере тоже может помочь.

И заключающий этап в данной статье – практическое применение моделирования систем обслуживания, то есть, где и как можно применять этот тип моделирования:

1. Транспорт и логистика – сюда можно отнести повышение работы общественного транспорта, анализ движения и состояния транспорта, а также прогноз времени ожидания.

2. Медицина – использование систем в такой сфере поможет правильно распланировать работу и загруженность сотрудников, а также грамотно управлять очередями и временем. Также такая системы может хорошо помочь в прогнозировании распространения различных заболеваний.

3. Торговля – помощь в управлении очередями и управлении временем обслуживания покупателей, а также улучшение работы сотрудников.

Заключение

Моделирование системного обслуживания необходимо для улучшения, анализа и прогнозирования эффективности процессов, которые напрямую связаны с управлением очередями, грамотным распределением ресурсов и времени.

Применение различных методов, которые были рассмотрены в этой статье дает большую возможность улучшить работу системы, а также улучшить результаты в прогнозировании поведения системы.

Практическое применение имитационного моделирования охватывает многие отрасли, от транспорта до медицины, и грамотное ее применение позволит улучшить работу во всех отраслях, в которых оно используется и улучшить результаты работы.

Список литературы

1. Боев, В. Д. Моделирование систем / В. Д. Боев. – М.: БХВ-Петербург, 2020. – 157 с.
2. Емельянов, А. А. Модели процессов массового обслуживания / А. А. Емельянов. – М.: Синергия, 2020. – 549 с
3. Советов, Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 2020. – 343 с.
4. Моделирование систем обслуживания. – URL: https://bibl.vgltu.ru/ru/nauka/conference_article/12310/view – 11.02.2025.
5. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.
6. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. –

2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

7. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С. А. Победа, М. И. Черных, Ф. В. Макаренко, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

References

1. Boev, V. D. Modeling of systems / V. D. Boev. – M.: BHV-Petersburg, 2020. – 157 p.
2. Sovetov, B. Ya. Modeling of systems / B. Ya. Sovetov, S. A. Yakovlev. – M.: Higher School, 2020. – 343 p.
3. Yemelyanov, A. A. Models of queuing processes / A. A. Yemelyanov. – Moscow: Synergy, 2020, 549 p.
4. Modeling of service systems. – URL: https://bibl.vgltu.ru/ru/nauka/conference_article/12310/view – 02/11/2025.
5. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.
6. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. - 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.
7. Creation of an LDMOS transient behavioral model based on an artificial MLP neural network and its description in the Verilog-A language / S. A. Pobeda, M. I. Chernykh, Ph. V. Makarenko, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – pp. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Г.А. Спесивцев¹, Е.С. Ильин¹, Г.Д. Миронов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды нейросетей, различающиеся по способу обучения: обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением. Рассмотрены базовые принципы работы для каждого вида, предложены примеры интегрирования в информационные системы, с указанием компаний, уже использующих похожие технологии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интеграция, информационные системы, нейросеть, модели.

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO INFORMATION SYSTEMS

G.A. Spesivtsev¹, E.S. Ilyin¹, G.D. Mironov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the main types of neural networks that differ in the type of learning: learning with a teacher, learning without a teacher, and reinforcement learning. The basic principles of operation for each type are considered, examples of integration into information systems are proposed, indicating companies already using similar technologies.

Key words: artificial intelligence, integration, information systems, neural network, models.

В современном мире все более востребованными становятся технологии, основанные на искусственном интеллекте, так как они позволяют оптимизировать различные процессы в информационных системах многих компаний.

Перед тем как рассматривать примеры интегрирования нейросетей, разделим их на три основных вида по типу обучения: обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением.

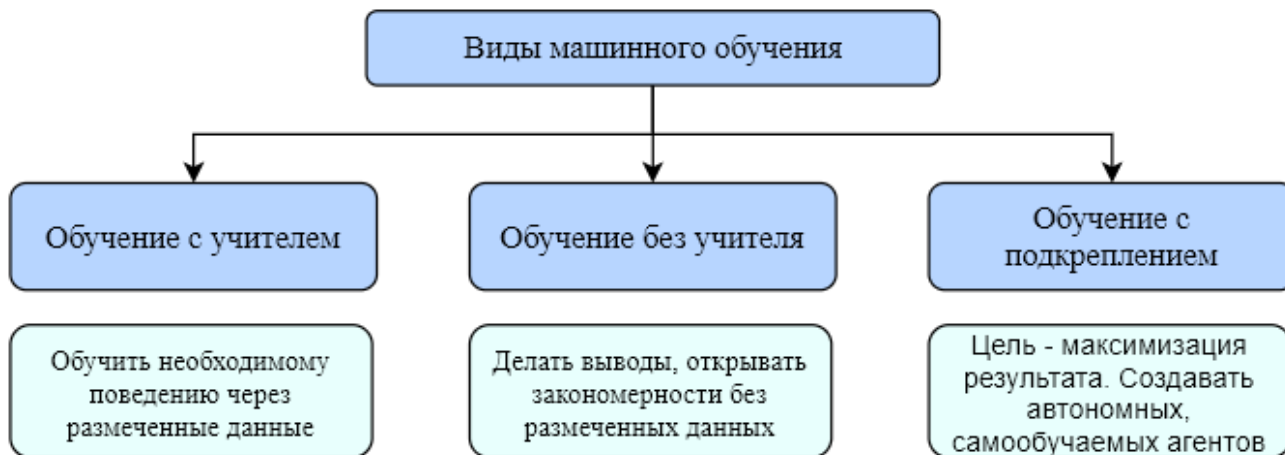


Рисунок 1 – Виды машинного обучения

Обучение с учителем начинается с этапа сбора информации, на котором данные делятся на различные признаки (рост, вес, цена и т.п.). Затем выбирается целевой признак, который необходимо будет предсказывать, и в зависимости от того числовой признак или категориальный, задача предсказания является регрессией (число) или классификацией (класс) соответственно. Данные проходят процесс предобработки, и подаются на вход модели для ее обучения, где на их основе подбираются определенные значения весов для нейронов, каждого из слоев нейросети, которые приближенно отражают исходную зависимость. Рассмотрим пример интеграции модели такого типа в сферу кредитования.

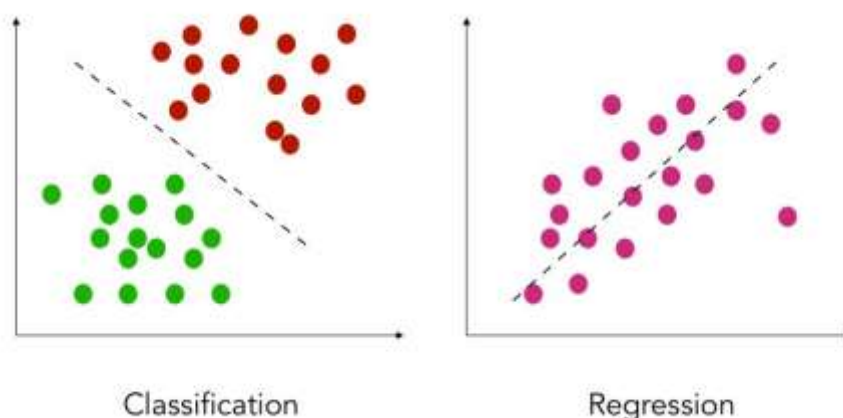


Рисунок 2 – Пример работы модели, использующей обучение с учителем, для задач классификации и регрессии соответственно

Допустим, в банке решениями о выдаче или отказе в выдаче кредитов занимается определенный специалист, что является довольно затратным и неэффективным подходом. Вместо этого мы можем отдать данную задачу ИИ. Для этого нам понадобится сформировать выборку обучающих данных, которая будет состоять из различных признаков по типу кредитного рейтинга, дохода, семейного статуса и т.п., а также целевой признак, который будет категориальным и содержит два класса: 1 – выплатившие кредит в срок, 0 – просрочившие платежи. На основе этих данных мы обучим модель, и сможем делать предсказание для желающего оформить кредит, то есть определять с какой вероятностью, он будет выплатившим и на основе этого принимать решение (допустим больше 50% – выдаем кредит, меньше – не выдаем). Так как достигнуть идеальных предсказаний невозможно, модель лучше использовать в качестве помощника при принятии решений, а не окончательного фактора. Однако можно смело предположить, когда предполагаемые расходы в случае ошибок модели станут меньше, чем затраты на содержание сотрудников, принимающих решения, ИИ имеет все перспективы полностью заменить людей для данной конкретной задачи. Примерами в данном случае могут стать компании Upstart, UK High Street Bank, Ритейл-банк, которые уже сейчас используют нейросети для оценивания кредитоспособности заемщиков.

Обучение без учителя отличается от обучения с учителем тем, что в данных отсутствует целевой признак (они не размечены), а также самим алгоритмом обучения. В задачах кластеризации данные разбиваются на отдельные группы с помощью различных методов, позволяя находить скрытые закономерности, аномалии и критерии похожести. В них используются такие нейросетевые алгоритмы как алгоритм Кохонена, алгоритм Хемминга, алгоритм Гроссберга и т.д. Обучение без учителя позволяет значительно экономить время и ресурсы на подготовку данных, не занимаясь их разметкой (присваиванием объектам целевого признака). Рассмотрим пример интеграции такой модели в компанию, занимающуюся анализом данных в геологии.

Допустим, перед нами стоит задача интерпретации полученных геофизических данных при бурении скважин, для выявления новых геологических структур или аномалий. Этим может заниматься или очень квалифицированная группа специалистов, или же мы можем переложить это на ИИ. В таком случае мы значительно ускорим процесс и снизим риски, особенно если будем комбинировать оба подхода, как и в случае с кредитованием.

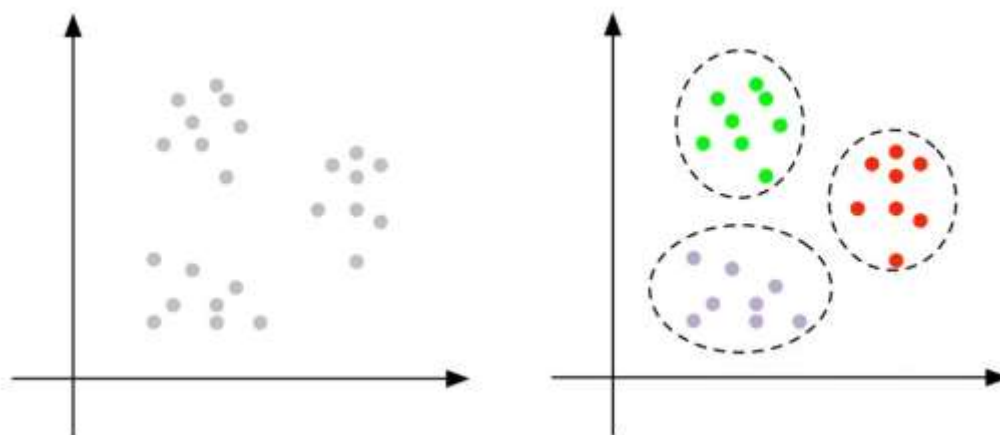


Рисунок 3 – Пример модели, использующей обучение без учителя для задачи кластеризации

Для данной задачи оптимально использование алгоритма Кохонена, так как он отлично справляется с определением новизны. Обучающей выборкой будут различные геофизические данные уже раскопанных скважин, а по новым данным можно будет определить принадлежность исследуемой скважины к какому-либо существующему кластеру, или наоборот её аномальность/новизну. Компания PayPal использует обучение без учителя для обнаружения аномалий в транзакциях, что помогает в борьбе с мошенничеством, а многие компании, связанные с продажами, например, Amazon, Chateau Winery и т.д., используют кластеризацию пользователей по их поведению для определения их предпочтений и улучшения маркетинговых стратегий вследствие этого.

При обучении с подкреплением также, как и при обучении без учителя у данных отсутствует целевой признак, да и сами данные накапливаются постепенно. Такие модели совершенствуются по ходу своего существования. Суть их работы заключается в подборе оптимальных действий исходя из окружающей среды, в которую они помещены, изменяясь благодаря награде/штрафу, которую среда возвращает в ответ на их действия. Такие нейросети сами формируют обучающие данные исходя из своего взаимодействия со средой. Этот подход позволяет оптимизировать самые различные процессы во многих сферах нашей жизни. Рассмотрим на примере оптимизации производственного процесса.



Рисунок 4 – Схема работы модели, использующей обучение с подкреплением

Допустим, на заводе сталелитейной промышленности требуется минимизировать энергопотребление и максимизировать качество продукции. Следует начать с создания цифровой модели производства для безопасного обучения модели в виртуальной среде. Далее определяем ее возможные действия:

- Корректировка температуры печи.
- Регулирование скорости нагрева.
- Управление давлением в печи.
- Выбор оптимального режима работы печи.

Определим события, вызывающие положительную реакцию среды:

- Снижение энергопотребления при сохранении качества продукции.
- Увеличение качества продукции без увеличения энергопотребления.

И вызывающие отрицательную реакцию среды:

- Увеличение энергопотребления без улучшения качества продукции.
- Ухудшение качества продукции.

Положительная реакция – награда, а отрицательная – штраф, остальные события будут означать, что награда равна нулю. Модель наблюдает состояние среды: температуру, давление, скорость нагрева печи, режим работы. Затем она совершает одно из возможных действий и получает награду или штраф в зависимости от результата своего действия. Исходя из этого, она обновляет свои стратегии, и возвращается к наблюдению. Таким образом, в результате своего обучения, она сможет прийти к набору действий для оптимизации производства, и её можно будет использовать в реальных условиях. Крупная компания по производству бумаги СМРС, использовала обучение с подкреплением для оптимизации своего производственного процесса, автоматизировав ручную систему кон-

троля, а компания DeepMind – для оптимизации энергопотребления центров обработки данных Google, сохраняя при этом безопасность и эффективность работы оборудования.

Из рассмотренных выше примеров интеграции нейросетей можно сделать вывод, что почти для каждой информационной системы можно рассматривать направление развития в сторону искусственного интеллекта, так как это позволяет оптимизировать многие процессы, экономя время и бюджет компаний.

Список литературы

1. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBVHJO.

2. Бантюков, С. М. Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности / С. М. Бантюков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY.

3. Дмитриев, Е. А. Математическое моделирование и реализация информационно-расчетных задач «маскировка» / Е. А. Дмитриев, А. Ф. Тараканов, Е. А. Шипилова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.

4. Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах / А. В. Скрыпников, И. А. Высоцкая, С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.

5. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

6. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

References

1. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A. V. Tolkachev // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – Pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.
2. Bantyukov, S. M. Creation of an intelligent quality management system for the "Etalon" enterprise in the aviation industry / S. M. Bantyukov // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY.
3. Dmitriev, E. A. Mathematical modeling and implementation of information and calculation tasks "masking" / E. A. Dmitriev, A. F. Tarakanov, E. A. Shipilova // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – Pp. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.
4. Selection of the optimality criterion when making management decisions in complex technical systems / A. V. Skrypnikov, I. A. Vysotskaya, S. A. Evdokimova [et al.] // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.
5. Sazonova, S. A. Modeling the process of leak detection based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in a hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.
6. Mathematical support of an information and control system for storing products with a limited shelf life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modeling of Systems and Processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – Pp. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

ОТЛИЧИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НЕЙРОСЕТЯМИ ОТ БРАУЗЕРА

В.Ю. Федоров¹, Е.С.Богданович¹, И.С. Голубятников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются отличия обработки информации нейросетями от браузера. Появление первой концепции нейросети, а также рассказываются ключевые элементы языковых моделей.

Ключевые слова: нейросети, обработка информации, браузер, индексирование, концепция.

DIFFERENCES IN INFORMATION PROCESSING BY NEURAL NETWORKS FROM THE BROWSER

V.Y. Fedorov¹, E.S. Bogdanovich¹, I.S. Golubyatnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article discusses the differences between information processing by browser neural networks. The appearance of the first neural network concept, as well as the key elements of language models are described.

Keywords: neural networks, information processing, browser, indexing, concept.

Уже второй десяток лет мы каждый день делаем десятки запросов в различные браузеры. К этому, три года назад добавились нейросети, которые с каждым годом вплетаются в нашу повседневную жизнь, становясь на один уровень с браузерными запросами. Чтобы увеличить продуктивность работы как в браузерах, так и с нейросетями, важно знать разницу, между работой каждой технологии с запросами пользователей.

Появление первой концепции нейросети появились в далеком 1943 году Уоррен Мак-Каллоком и Уолтер Питтс, которые предложили математическую

модель нейрона, а в конце 50-х Френк Розенблатт разработал персептрон. Именно он стал первой реализованной практической моделью реализации нейросети. Для описания модели машинного обучения персептрон, ниже рассмотрим схему работы.

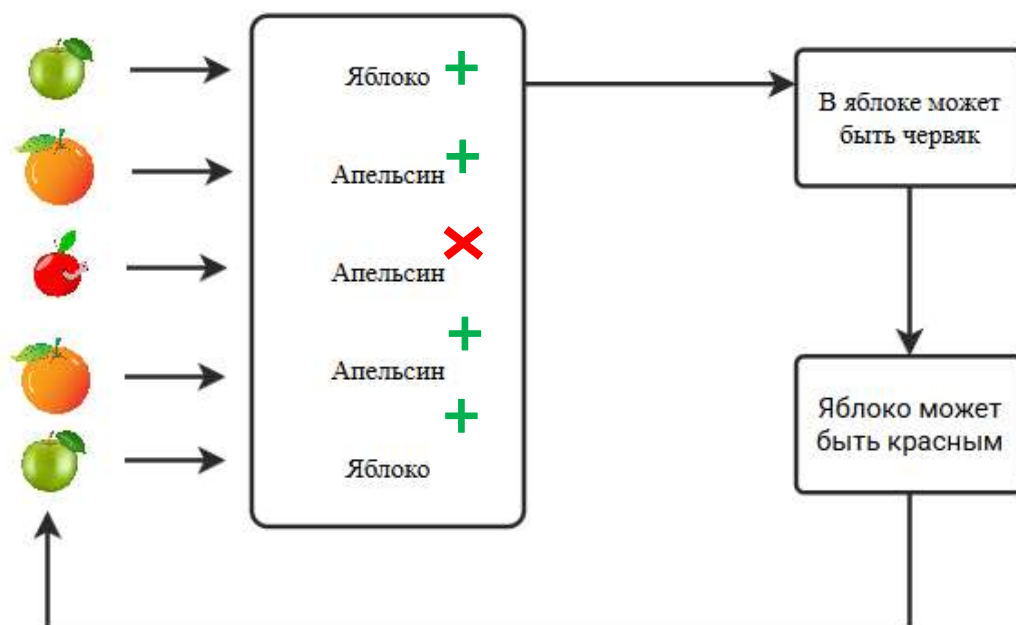


Рисунок 1 – Схема модели персептрона

Для примера мы возьмем пример обучения нейросети различать яблоки и апельсины. Загрузим персептрон фотографии яблок и апельсинов. В свою очередь, персептрон анализирует их, и соотносит их к яблоку или апельсину. Для более точного анализа, оператор добавляет правила анализа изображений, и персептрон повторяет операцию. Данные операции повторяются, пока нейросеть не перестанет ошибаться, как с базовыми фотографиями, так и с новыми.

Данный пример достаточно упрощён, в реальности процесс обучения включает в себя гораздо больше переменных, правил и корректировок. Из-за скудных вычислительных возможностей, а также не совершенности модели персептрона идею нейросетей пришлось отложить в «дальний ящик».

Но уже в 1990х годах исследователи добились большего прогресса. Был разработан «Метод обратного распространения ошибки». А дальнейшее развитие технической базы – видеокарт, в частности благодаря компьютерным играм. Стало возможно создание огромных суперкомпьютеров, а ядра видеокарт, благодаря схожести с нейронами человеческого мозга сделали возможными обучения таких алгоритмах на петабайтах информации.

Если не брать аппаратную часть современных больших языковых модели состоят из нескольких ключевых элементов:

- **Входные данные.** Это основной запрос, он может быть, как в текстовом виде, так и изображением, видео или аудио. В большей части случаев это, текст в форме запроса. Текст запроса разбивается на «токены». Токеном может быть, как отдельное слова или знак, так и целое предложение. Далее, «токенам» присваиваются вектора, представляющие собой семантические значения «токена», в контексте всего запроса.
- **Параметры.** Это настройки, которые влияют на поведение нейросети и ее ответы. Такие как, креативность, ключевые слова, максимальный объем сгенерированного текста.
- **Формат ответа.** Формат выводимого ответа пользователю, например таблицей, картинкой или текстом.

После прохождения этих этапов, нейросеть приступает к генерации ответа. На основе сгенерированных «токенов» запроса, нейросеть начинает выстраивать «токены» ответа, один за другим, выбирая «токен» с самой высокой вероятностью. Набрав полную цепочку «токенов», нейросеть начинает генерировать текст, на основе этой цепочки.

Текстовый запрос в браузер делится на 4 важных шага:

- **Анализ запроса.** Пользовательский запрос разбирается на схожие «токены» нейросети, слова, знаки пунктуации и целые фразы, называются они «ключевые слова запроса». Такие ключевые слова проверяются на опечатки, для увеличения точности конечного результата.
- **Индексирование.** Проанализировав запрос, сервер браузера начинает поиск всего интернет-контента для создания так называемого индекса запроса. В итоге этого этапа, браузер составляет список из миллионов веб-страниц.
- **Сортировка результата.** В данном этапе браузер анализирует список индекс запроса. Сортируя миллионы ссылок, выдает каждому баллы сходства с запросом. И веб-сайт с самым большим количеством баллов попадает на первую страницу выдачи по запросу. По такому принципу создаются страницы запроса.
- **Вывод результатов.** Результат всех вышеперечисленных действия выводится на экран пользователю

Несмотря на разность технологий, многие браузеры начинают использовать технологии нейросетей для выдачи более точной информации. И не только

текстовые запросы, новости, видео, контекстная реклама и всплывающие окна, все теперь строится на анализе, разных видов и уровней развития, нейросетях.

Список литературы

1. Кравченко, Ю. А. Тенденции развития компьютерных технологий / Ю. А. Кравченко, Э. В. Кулиев, Д. В. Заруба. – Таганрог: Южный федеральный университет, 2017. – 107 с. – ISBN 978-5-9275-2360-3. – EDN YIFPCF. (дата обращения: 07.03.2025)
2. Вакушин, А. А. Проектирование многокомпонентных имитационных моделей с помощью большой языковой модели GPT-4 / А. А. Вакушин, Б. И. Клебанов // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 7(115). – С. 174-186. – EDN NRKDRU. (дата обращения: 07.03.2025)
3. Кузнецов, А. В. От атрибуции текстов до извлечения данных: применение больших языковых моделей в исторической науке / А. В. Кузнецов // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2024. – № 19. – С. 153-158. – DOI 10.36683/FP-19/153-158. – EDN LIMUAE. (дата обращения: 07.03.2025)
4. Кудинов, Н. Г. Проектирование движка браузера дополненной реальности: обзор и унификация практик применения функциональных компонентов браузера / Н. Г. Кудинов, К. И. Ралко, О. М. Ралко // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2024. – Т. 9, № 2(40). – С. 30-36. – EDN UTILMA. (дата обращения: 07.03.2025)
5. Городняя, Л. В. Функциональное программирование. Парадигма, модели и методы / Л. В. Городняя; РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ им. А. П. ЕРШОВА. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022. – 482 с. – ISBN 978-5-6047823-0-9. – DOI 10.53954/9785604782309. – EDN FOUPRH.5(дата обращения: 07.03.2025)
6. Титов, М. Ю. Процессы управления в высоконадежных системах специального и двойного назначения / М. Ю. Титов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.
7. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

References

1. Kravchenko, Yu. A. Trends in the development of computer technologies / Yu. A. Kravchenko, E. V. Kuliyeu, D. V. Zaruba. Taganrog: Southern Federal University, 2017. 107 p. ISBN 978-5-9275-2360-3. EDN YIFPCF. (date of request: 03/07/2025)
2. Vakushin, A. A. Designing multicomponent simulation models using the GPT-4 large language model / A. A. Vakushin, B. I. Klebanov // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – № 7(115). – Pp. 174-186. – EDN NRKDRU. (date of request: 03/07/2025)
3. Kuznetsov, A.V. From text attribution to data extraction: the use of large language models in historical science / A.V. Kuznetsov // Education and science without borders: fundamental and applied research. – 2024. – No. 19. – PP. 153-158. – DOI 10.36683/FP-19/153-158. – EDN LIMUAE. (date of request: 03/07/2025)
4. Kudinov, N. G. Designing the augmented reality browser engine: an overview and unification of practices for using browser functional components / N. G. Kudinov, K. I. Ralko, O. M. Ralko // International Journal of Information Technology and Energy Efficiency. – 2024. – Vol. 9, No. 2(40). – pp. 30-36. – EDN UTILMA. (date of request: 03/07/2025)
5. Gorodnyaya, L. V. Functional programming. Paradigm, models and methods / L. V. Gorodnaya; RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES SIBERIAN BRANCH OF THE INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE SYSTEMS named after A. P. ER-SHOV. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2022. 482 p. ISBN 978-5-6047823-0-9. DOI 10.53954/9785604782309. EDN FOUPRH.5(accessed: 03/07/2025)
6. Titov, M. Yu. Control processes in highly reliable systems of special and dual purpose / M. Yu. Titov // Modelling of systems and processes. – 2024. – T. 17, № 3. – C. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.
7. Sumin, V. I. Development of a network model of target installations of complex organizational systems for special purposes / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, S. V. Rodin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Д.Д. Чистякова¹, Д.В. Арапов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе рассматривается моделирование с помощью искусственных нейронных сетей роста лесов России на примере сосны обыкновенной и лиственницы южнокутских брусничниковых лесов.

Ключевые слова: нейронные сети, рост сосны, лиственницы, многослойный перцептрон.

MODELING OF TAXATION INDICATORS FOREST STANDS THROUGH NEURAL NETWORK

D.D. Chistyakova¹, D.V. Arapov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, modeling of Russian forest growth using artificial neural networks is considered using the example of Scots pine and larch of South Yakut lignonberry forests.

Key words: neural networks, pine and larch growth, multilayer perceptron.

Исследованию и моделированию динамики естественного изреживания и роста лесных древостоев в различных условиях и климатических зонах России посвящено большое количество работ, например, [1-12]. В них приведены результаты математической обработки обширных наблюдений за естественным ростом и отпадом лесных насаждений сосны и лиственницы с различной густотой посадки в разновозрастных лесных монокультурных и поликультурных массивах. Установлено, что независимо от густоты посадок отпад (гибель) деревьев носит колебательный характер, и это является следствием инерционности меха-

низма саморегуляции биологическим систем, который действует на основе принципа обратных связей между слагающими биосистему компонентами. Установлено, что математическая модель (ММ) динамики гибели элементов биосистемы должна представлять собой аддитивную смесь функций временного тренда, волновой и случайной компонент. Для этого авторы широко используют регрессионные экспоненциальные функции типа Ципфа-Парето-Мандельброта, Пютера-Берталанфи, Г.Ф. Хильми, иногда аддитивно дополненные функцией $\cos(at)$, где t -возраст древостоев. Для моделирования средней толщины дерева используют экспоненциально-логарифмическую зависимость от возраста, а среднюю высоту и древесный запас рассчитывают с использованием экспоненциальных функций [3, 5, 6, 8]. В [7] установлена оптимальная густота посадки ели в лесокультурных и промышленных насаждениях, а в [12] исследована приживаемость саженцев сосны в условиях Карелии. Недостатком известных подходов к моделированию таксационных параметров древостоев является сравнительно низкая точность используемых регрессионных зависимостей. Например, относительная погрешность моделирования зависимости числа оставшихся живых деревьев от их возраста и густоты посадки [1, 2, 9, 11] составляет от 14% до 35%. К недостаткам регрессионных моделей также относится их невысокая прогностическая способность. Этих недостатков лишены ММ основанные на искусственных нейронных сетях, способные объединить в единое целое многочисленные опытные исследования и обеспечивающие достаточно высокую точность моделирования и обладающие надежной прогностической способностью. Высокая результативность применения искусственного интеллекта на предприятиях аграрно-промышленного комплекса и в медицине описана, например, в [13, 14]. Целью данного исследования является разработка на основе нейронных сетей ММ таксационных показателей лесных древостоев сосны и лиственницы.

Нейросетевое моделирование реализовали посредством стандартного модуля TensorFlow и языка Python, версия 3.11.7. Использованные библиотеки – Numpy и Matplotlib. В программе реализовали: считывание и разделение данных на входные и выходные, нормировку данных. Структура многослойного персептрона, число нейронов в каждом слое, вид функции активации, количество эпох (т.е. число прогонов алгоритма оптимизации), коэффициент валидации и другие параметры задаются и реализуются в модуле Net.py. Ответ нейронной сети осуществляется после минимизации целевой функции. При построении результирующих графиков по оси абсцисс выводятся номера опытов, по оси ординат – опытные и расчетные нейросетевые значения искомых параметров.

1. Моделирование хода роста насаждений сосны, созданных М.К. Турским. Нейронная сеть для моделирования является многослойным персептроном, включающим входной слой, два скрытых слоя по 35 нейронов и выходной слой, состоящий из одного нейрона. На два входа персептрона поступают нормированные значения возраста сосен (годы) и густоты их посадки (тыс. шт./га). С выхода выходного слоя снимается количество оставшихся после отходов живых деревьев (рисунок 1).

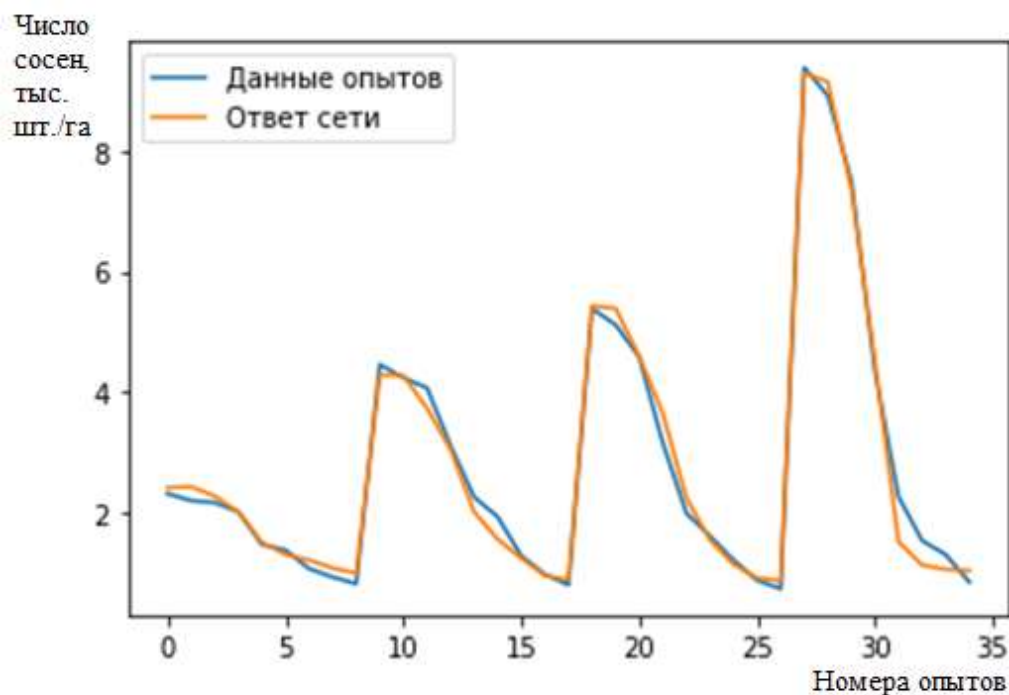


Рисунок 1 – Моделирование хода роста насаждений сосны, созданных М.К. Турским (возраст 1-80 лет)

Средняя относительная погрешность моделирования составила 8,5 %. Количество эпох равно 25000.

2. Моделирование обобщенных данных хода роста сосновых древостоев. Для всех трех искомых параметров (число живых деревьев, средняя высота и средний диаметр) выбрали многослойный персептрон, состоящий из входного слоя, двух скрытых слоев по 20 нейронов и однострунного выходного слоя, с выхода которого снимается значение параметра. На вход персептрона поступает нормированное значение возраста сосен от 10 до 200 лет. Зависимость числа оставшихся живых сосен от их возраста (от 20 до 200 лет) показана на рисунок 2.

Количество эпох было выбрано равным 25000. Средние относительные погрешности нейромоделирования соответственно равны: для числа живых сосен

– 6,3% (рисунок 2), для средних высот – 2,45%, для средних диаметров – 3,5%. В последних двух случаях временной диапазон составляет 10 – 200 лет.

3. Моделирование хода роста древостоев лиственницы южной Якутии. Структура выбранного персептрона аналогична предыдущему, но количество нейронов в двух скрытых слоях равно по 19. На вход персептрона поступает нормированное значение возраста лиственниц от 40 до 220 лет. С выхода выходного слоя снимается значение искомого параметра – количество оставшихся лиственниц, их средняя высота и средний диаметр (рисунок 3).

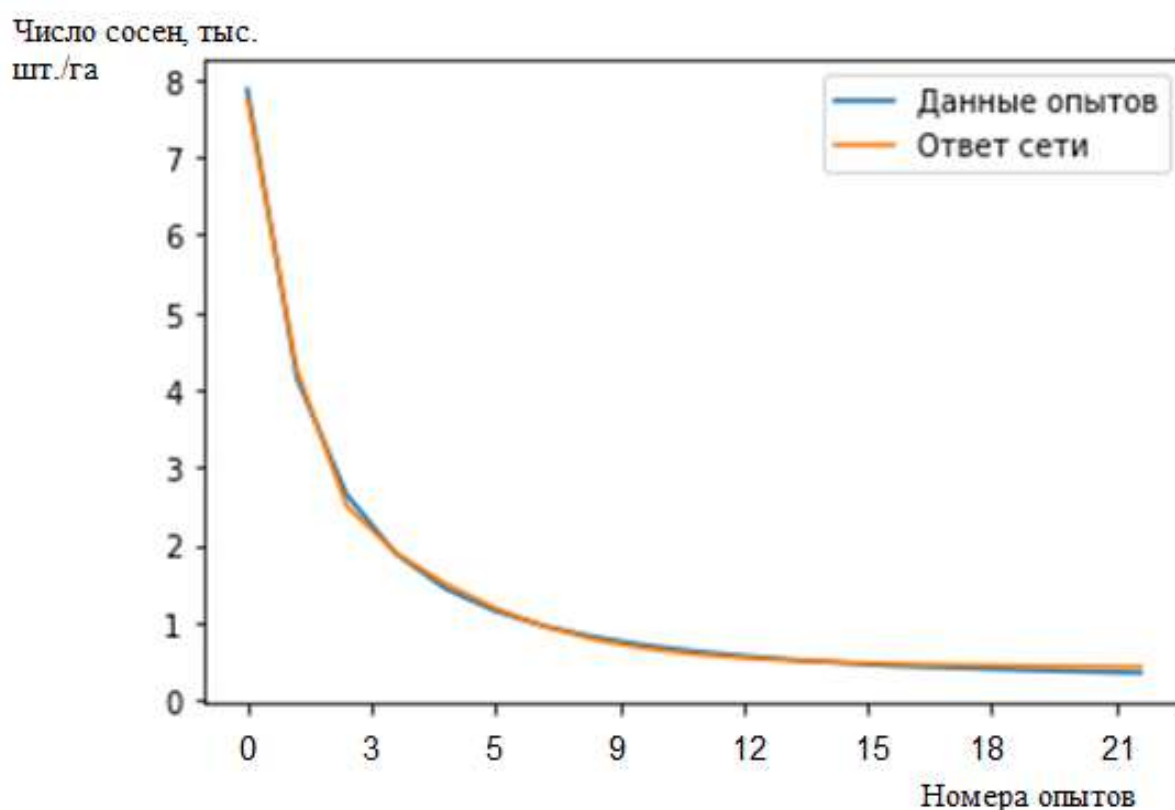


Рисунок 2 – Зависимость количества живых сосен от их возраста в пределах 20 – 200 лет

Количество эпох приняли равным 20000. Средние относительные погрешности нейромоделирования соответственно равны: для числа живых лиственниц – 3,51%, для средних высот – 0,83%, для средних диаметров – 0,91% (рисунок 3). Временной предел 40 – 220 лет.

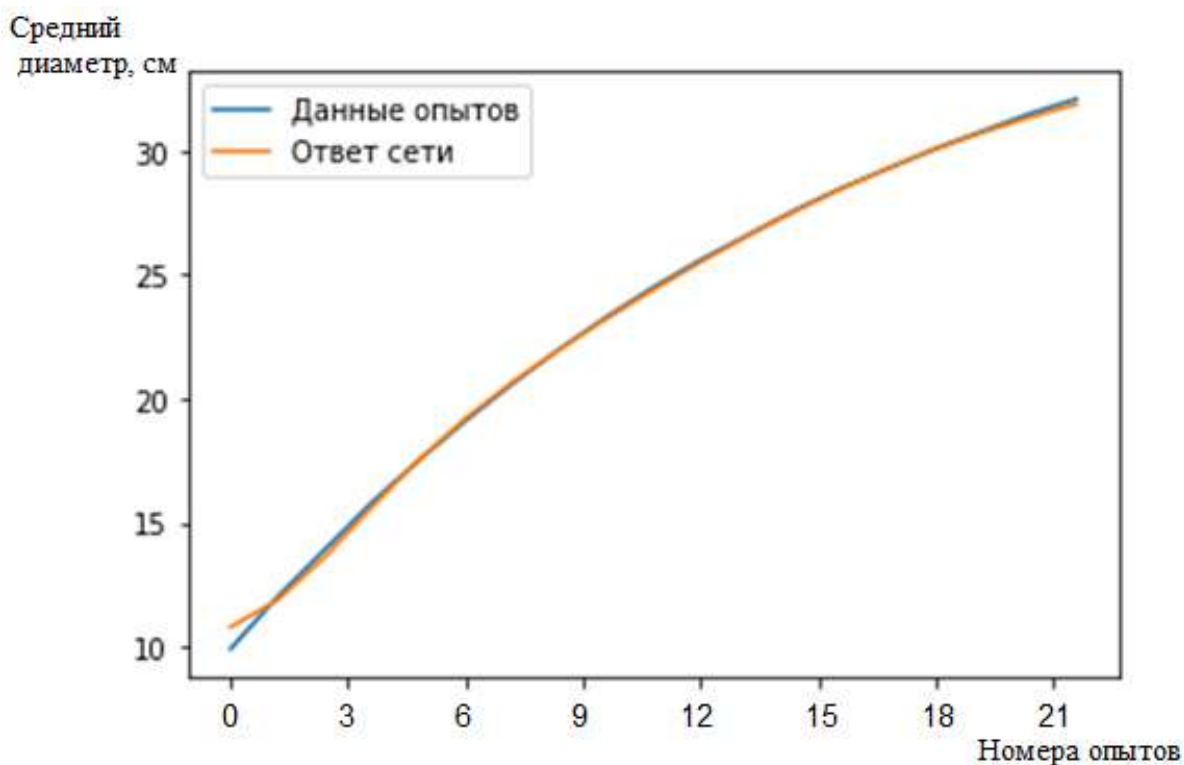


Рисунок 3 – Возрастное изменение среднего диаметра лиственниц в пределах от 40 до 220 лет

Проведенное нейромоделирование показало перспективность его использования для исследования закономерностей роста лесных древостоев, как в культурных, так и в естественных насаждениях. Предложенный подход к расчету таксонометрических показателей лесных насаждений выявил его существенное преимущество по сравнению с применением эмпирических моделей [15].

Список литературы

1. Демаков, Ю.Л. Диагностика устойчивости лесных экосистем. – Йошкар-Ола, 2000. – 416 с.
2. Богачев, А.В. Лесотаксационные исследования. – М., 2007. – 344 с.
3. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии: нормативные справочные материалы: 2-е изд. перераб. и дополн./ А.З Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй. – М., 2008. – 886 с.
4. Мерзленко, М.Д. Обоснование теории волнообразного роста хвойных лесных культур //Лесной вестник. – 2021. – Т. 25., №2. – С. 3 – 9.

5. Швиденко, А.З. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России (таблицы хода роста) / А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй // Лесное хозяйство. – 2003. – №6. – С. 34 – 38.
6. Швиденко, А.З. Система моделей роста и динамики продуктивности лесов России (таблицы и модели биопроductивности) / А.З Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон, Ю.И. Булуй // Лесное хозяйство. – 2004. – №2. – С. 40 – 44.
7. Мельник, П.Г. Лесокультурно-лесоводственное значение параметров размещения ели при посадке в национальном парке «Лосиный остров»/ П.Г. Мельник, Ф.Н. Воронин, М.Д. Мерзленко// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – №1 (111). – С. 52 – 58.
8. Лебедев, А.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений/ А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Сибирский лесной журнал. – 2023. – №2. – С. 3 – 16.
9. Дубенок, Н.Н. Динамическая модель изреживания культур сосны/ Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. №239. – С. 6 – 21.
10. Мерзленко, М.Д. Динамика роста сосны в старовозрастных древостоях сложного бора/ М.Д. Мерзленко [и др.]// Известия вузов. Лесной журнал. – 2018. – №4. – С. 31 – 39.
11. Шутов, И.В. Рост сосны в рядовых культурах при заданных вариантах густоты и разных ширине междурядий и шаге посадки/ И.В. Шутов [и др.]// Труды Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства. – 2014. – №1. – С. 19 – 29.
12. Соколов, А.И. Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии/ А.И. Соколов [и др.]// Известия вузов. Лесной журнал. – 2015. – №6. – С. 46 – 56.
13. Грачев, А.В. Применение нейросетевых технологий для прогнозирования состояния работы объектов предприятий АПК// Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т.53, №4. – С. 816 – 823.
14. Киреева, К.А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ/ К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов// Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т.16, №3. – С. 42 – 54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
15. Лебедев, А.В. Эмпирические модели роста и производительности древостоев по данным долговременных наблюдений в условиях антропогенных воздействий и климатических изменений (4.1.6) : автореф. дис. ... докт. с./х.

наук: 4.1.6/ Лебедев Александр Вячеславович, М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2023. –40 с.

16. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.

17. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

References

1. Demakov, Yu.L. Diagnostics of stability of forest ecosystems. – Yoshkar-Ola, 2000. – 416 p.

2. Bogachev, A.V. Forest taxational research, Moscow, 2007, 344 p.

3. Tables and models of the course of growth and productivity of plantings of the main forest-forming species of Northern Eurasia: normative reference materials: 2nd ed. reprint. and supplement/ A.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu.I. Bului. – M., 2008. – 886 p.

4. Merzlenko, M.D. Substantiation of the theory of undulating growth of coniferous forest crops //Lesnoy vestnik. – 2021. – Vol. 25., No. 2. – pp. 3-9.

5. Shvidenko, A.Z. A system of models of growth and dynamics of Russian forest productivity (tables of the course of growth) / A.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu.I. Bului // Forestry. – 2003. – No. 6. – pp. 34-38.

6. Shvidenko, A.Z. System of models of growth and dynamics of productivity of forests of Russia (tables and models of bioproductivity) / A.Z. Shvidenko, D.G. Shchepashchenko, S. Nilsson, Yu.I. Bului // Forestry. – 2004. – No. 2. pp. 40-44.

7. Melnik, P.G. The forest cultural and forestry significance of the parameters of spruce placement during planting in the Losiny Ostrov National Park/ P.G. Melnik, F.N. Voronin, M.D. Merzlenko// Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2014. – №1 (111). – Pp. 52-58.

8. Lebedev, A.V. Taxation indicators of pine stands according to long-term observations/ A.V. Lebedev, V.V. Kuzmichev// Siberian Forest Journal. – 2023. – No. 2. – pp. 3-16.

9 Dubenok, N.N. Dynamic model of thinning of pine crops/ N.N. Dubenok, A.V. Lebedev, V.V. Kuzmichev// Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. – 2022. – Issue No. 239. – pp.6-21.

10. Merzlenko, M.D. Dynamics of pine growth in old-age trees of complex boron/ M.D. Merzlenko [et al.]// *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2018, No. 4, pp. 31-39.
11. Shutov, I.V. Pine growth in ordinary crops with given density options and different row spacing widths and planting steps/ I.V. Shutov [et al.]// *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*. – 2014. – No. 1. – pp. 19-29.
12. Sokolov, A.I. Preservation and growth of pine crops created by planting material with a closed root system in Karelia/ A.I. Sokolov [et al.]// *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2015, No. 6, pp. 46-56.
13. Grachev, A.V. Application of neural network technologies for predicting the state of operation of agricultural enterprises// *Machinery and technology of food production*, 2023, vol.53, No. 4, pp. 816-823.
14. Kireeva, K.A. Development of an artificial neural network for ECG classification/ K.A. Kireeva, L.A. Korobova, D.V. Arapov// *Modeling of systems and processes*. – 2023. – Vol.16, No. 3. – pp. 42-54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
15. Lebedev, A.V. Empirical models of growth and productivity of stands based on long-term observations under anthropogenic influences and climatic changes (4.1.6) : abstract of the dissertation.... Doctor of Agricultural Sciences: 4.1.6/ Lebedev Alexander Vyacheslavovich, Moscow: RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, 2023. –40 p.
16. Zarevich A.I., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // *Modeling systems and processes*. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.
17. Poluektov, A.V. Modeling of the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Е.В. Шевырева¹, Д.В. Арапов¹, П.С. Иванин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье проводится кластерный анализ успеваемости студентов при помощи нейронных сетей Кохонена. Для кластеризации были взяты данные деканата одного из вузов г. Воронежа по результатам экзаменационной сессии 4-х групп студентов из 82 человек по 9-ти предметам. С применением многослойного персептрона на основе показателей сдачи 3-х экзаменов реализован прогноз оценки сдачи 4-ого экзамена для 27 студентов.

Ключевые слова: успеваемость студентов, кластерный анализ, нейронные сети Кохонена.

MODELING STUDENT PERFORMANCE THROUGH NEURAL NETWORKS

E.V. Shevyreva¹, D.V. Arapov¹, P.S. Ivanin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article provides a cluster analysis of student academic performance using Kohonen neural networks. For clustering, data from the dean's office of one of the Voronezh universities were taken based on the results of the examination session of 4 groups of 82 students in 9 subjects. Using a multilayer perceptron, based on the performance of passing 3 exams, a forecast of the assessment of passing the 4th exam was implemented for 27 students.

Key words: student academic achievement, cluster analysis, Kohonen neural networks.

Основной показатель оценки знаний обучающихся – это уровень успеваемости, который зависит от множества объективных и субъективных факторов [1, 2]. Неуспеваемость при обучении является наиболее существенной проблемой современного образования. В этой связи, важнейшей задачей в образовании

является мотивировка обучающихся к получению знаний и лучшей подготовки в качестве специалистов. Этому служит контроль и анализ состояния процесса обучения посредством исследования уровня успеваемости [2-5]. При этом активно используют математическое планирование эксперимента [3,6]. Основой математического моделирования успеваемости обучающихся служат одно и многофакторные регрессионные модели, что является недостатком этих исследований. В настоящее время бурными темпами развиваются методы моделирования в социологии, медицине, в технологических процессах, основанные на искусственном интеллекте [7-9]. Целью данной работы является применение искусственных нейронных сетей (ИНС) для исследования успеваемости обучающихся.

1. Кластерный анализ успеваемости

Класс ИНС, называемый картами Кохонена [8], используют для обучения без учителя с использованием информации о расположении нейронов ИНС. Чаще всего карты Кохонена используются для решения задач кластеризации или классификации без учителя. Обучение таких ИНС реализуется с помощью алгоритмов Хебба, Кохонена, также используется евклидово расстояние на множестве синоптических весов. Для кластеризации были взяты данные деканата одного из вузов г. Воронежа по результатам экзаменационной сессии 4-х групп студентов из 82 человек по 9-ти предметам. Зачет оценивали в 3 балла, неявка на экзамен (зачет) оценивалась в 1 балл, неудовлетворительные знания – 2 балла, удовлетворительные – 3 балла, хорошие – 4 балла, отличные знания – 5 баллов. Данные деканата и результаты кластеризации успеваемости по итогам сессии приведены на рисунке 1.

В результате анализа получили 4 центроида с координатами: [1.46, 0.25], [1.47, 1.37], [0.94, 1.38], [-1.21, -0.82], quantization error: 0.466.

2. Нейросетевое прогнозирование экзаменационной оценки студента по результатам сдачи предыдущих трех экзаменов

Нейросетевая связь прогнозируемой экзаменационной оценки с тремя предыдущими экзаменационными оценками исследовалась по данным деканата на группе студентов из 27 человек. ИНС представляла собой многослойный персептрон [8,9], на входы которого поступают три оценки сдачи трех предыдущих экзаменов. ИНС имеет входной слой, два скрытых слоя по 27 нейронов и выходной слой, содержащий 1 нейрон, с выхода которого снимается значение прогнозируемой оценки. В качестве функции активации в ИНС приняли сигмоид. Программа реализации разработана на языке Python, версия 3.11.7 с использованием

стандартной подпрограммы TensorFlow. Устанавливали библиотеки Numpy и Matplot. Разработанные модули: Data.py, main.py и Net.py. Число эпох равно 1000.

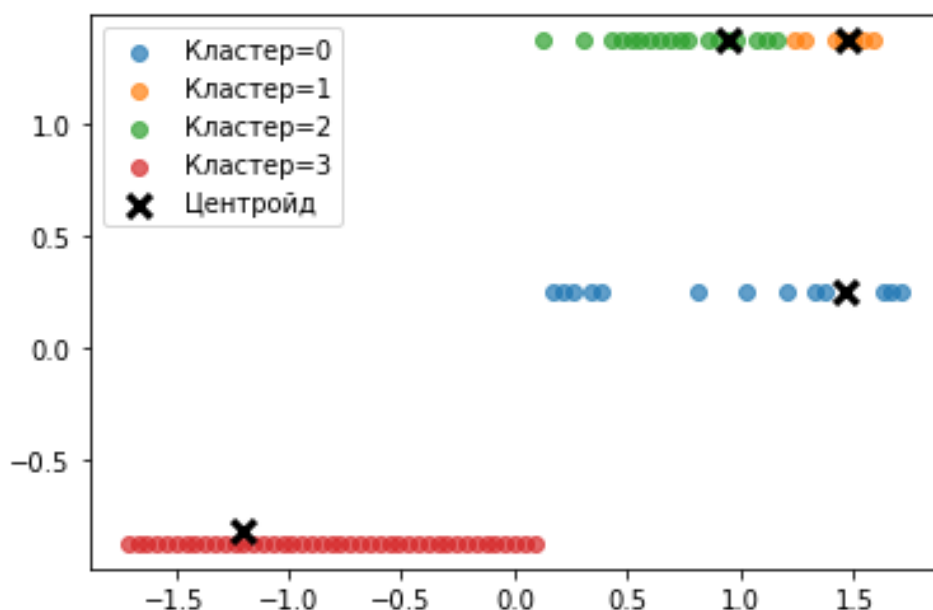


Рисунок 1 – Результаты кластерного анализа успеваемости

На рисунке 2 показаны результаты работы программы. Средняя относительная погрешность прогноза составляет 9,0 %.

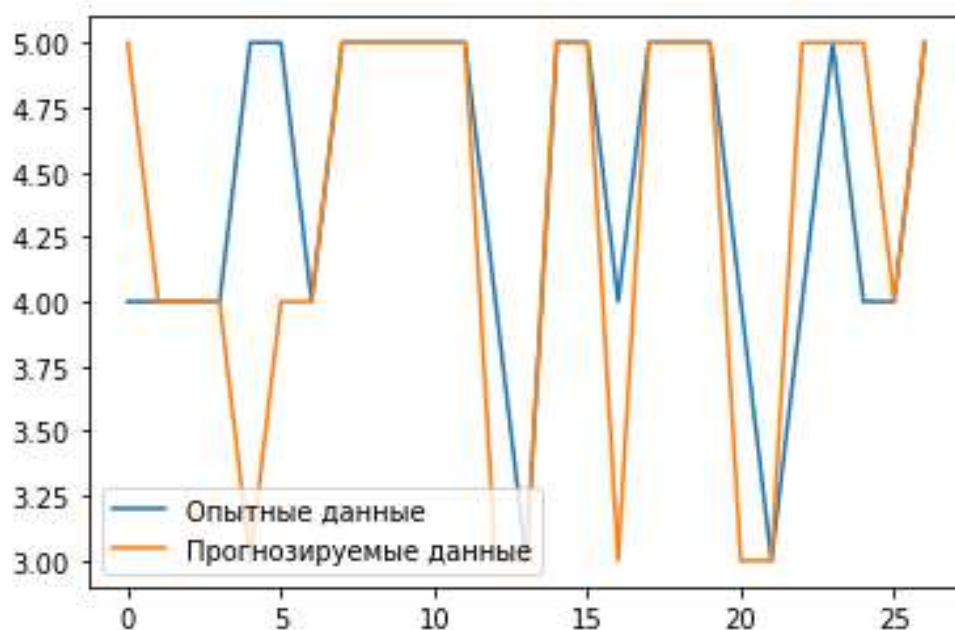


Рисунок 2 – Результаты прогнозирования успеваемости

На основе данных деканата реализовано нейросетевое моделирование успеваемости студентов одного из вузов г. Воронежа. С использованием карт

Кохонена выполнен кластерный анализ успеваемости 82 обучающихся. С применением многослойного персептрона на основе показателей сдачи 3-х экзаменов реализован прогноз оценки сдачи 4-ого экзамена для 27 студентов.

Список литературы

1. Безусова, Т.А. Использование методов математической статистики в педагогическом исследовании. / Т.А. Безусова // Гуманизация образования. – 2018. – № 6. – С. 143 – 149.
2. Венгерова, Н.Н. Балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов высшей школы / Н.Н. Венгерова, Л.Т. Кудашова // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2017. – Т.12, №1. – С. 359 – 363.
3. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования эксперимента/ Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
4. Дроздов, И.Н. Пути повышение эффективности подготовки к профессиональной деятельности студентов с различным уровнем успеваемости / И.Н. Дроздов// Новая наука: Проблемы и перспективы. – 2015. – №1,(1). – С. 21 – 24.
5. Портнова, А.Г. Использование математических методов для мониторинга качества успеваемости студентов / А.Г. Портнова, С.Л. Лесникова, Н.А. Русакова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2020. – Т 4. – № 3,(15). – С. 218 – 226.
6. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов/ К. Хартман [и др.]. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
7. Арапов, Д. В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д. В. Арапов, В. А. Курицын, С. А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN SMPART.
8. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учебное пособие. – С-Петербург: ГУАП, 2013. – 284 с.
9. Киреева, К.А. Разработка искусственной нейронной сети для классификации ЭКГ/ К.А. Киреева, Л.А. Коробова, Д.В. Арапов// Моделирование систем и процессов. – 2023. – Т.16, №3. – С. 42 – 54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
10. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024.

– T. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.

References

1. Bezusova, T.A. The use of mathematical statistics methods in pedagogical research. / T.A. Bezusova // Humanization of education. – 2018. – No. 6. – pp. 143-149.
2. Vengerova, N.N. Point-rating system for assessing the academic performance of university students / N.N. Vengerova, L.T. Kudashova // Health is the basis of human potential: problems and solutions. – 2017. – Vol.12, No. 1. – pp. 359-363.
3. Grachev, Yu.P. Mathematical methods of experimental planning/ Yu.P. Grachev, Yu.M. Plaksin. – M.: Delhi print, 2005. – 296 p.
4. Drozdov, I.N. Ways to improve the effectiveness of preparation for professional activities of students with different levels of academic achievement / I.N. Drozdov// New science: Problems and prospects. – 2015. – №1,(1). – Pp. 21-24.
5. Portnova, A.G. The use of mathematical methods for monitoring the quality of students' academic performance / A.G. Portnova, S.L. Lesnikova, N.A. Rusakova // Bulletin of Kemerovo State University. Series: Humanities and Social Sciences. – 2020. – T 4. – № 3,(15). – Pp. 218-226.
6. Hartman, K. Planning an experiment in the study of technological processes/ K. Hartman [et al.]. – M.: Mir, 1977. – 552 p.
7. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMPAPT.
8. Burakov, M.V. Neural networks and neurocontrollers: a textbook. – St. Petersburg: GUAP, 2013. – 284 p.
9. Kireeva, K.A. Development of an artificial neural network for ECG classification/ K.A. Kireeva, L.A. Korobova, D.V. Arapov// Modeling of systems and processes. – 2023. – Vol. 16, No. 3. – pp. 42-54. – DOI: 10.12737/2219-0767-2023-16-3-42-54. EDN PERZZQ.
10. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field in forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ

А.С. Ягодкин¹, И.А. Прокопенко¹, Г.В. Суринова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе при изучении и описании был проведен анализ выбранной темы. Была изучена соответствующая литература, описывающая принципы, методы и практическое применение визуализации данных.

Ключевые слова: Визуализация, Данные.

DATA VISUALIZATION AND PRESENTATION

A.S. Yagodkin¹, I.A. Prokopenko¹, G.V. Surinova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this work, an analysis of the chosen topic was carried out during the study and description. The relevant literature describing the principles, methods, and practical applications of data visualization has been studied.

Keywords: Visualization, Data.

Введение

Не для кого не секрет, что в современном мире объем данных и информации стремительно растет, и естественно актуальной задачей является их обработка.

Но естественно одних цифр и текстовых отчетов совсем недостаточно для качественного анализа информации. Именно поэтому визуализация данных играет ключевую роль в представлении информации в удобную и понятную форму.

Визуализация помогает нам выявить закономерности, тенденции и изменения в данных, чем облегчает нам их восприятие и анализ. Графики, диаграммы,

карты помогают специалистам из различных областей принимать обоснованные решения, упрощая передачу информации пользователям.

В данной статье рассматриваются основные принципы визуального представления информации, методы и инструменты визуализации, а также их применение в различных сферах — от науки и бизнеса до медицины и образования.

Начнем с того, что подробно разберем основные принципы визуального представления информации:

1. Простота и ясность – данные, представленные в визуальной форме, не должны быть перегружены «лишними» элементами, не позволяющими сосредоточить внимание на основную суть проблемы.
2. Достоверность информации – очень важно убедиться в точности числовых переменных перед составлением графиков.
3. Интегративность к разным типам устройств – информация должна хорошо восприниматься на различных устройствах.
4. И, пожалуй, стоит выделить такой принцип, как логичность.

Далее поговорим о методах визуализации данных.

Существует несколько методов визуализации данных, мы разберем самые распространенные, диаграммы и графики, карты, таблицы и матрицы. Подробно о каждом поговорим ниже.

Итак, диаграммы и графики. Начнем с того, что диаграмма – это представление данных с помощью отрезков или геометрических фигур. Она состоит из системы координат, измерительной шкалы и отметок на определенных показателях. Их используют, чтобы сравнить значения разных показателей.

График – это линейная диаграмма. Представляет собой несколько точек, соединенных линиями.

Чаще всего встречаются следующие виды диаграмм:

- столбчатые горизонтальные и вертикальные (Bar Chart) ;
- гистограмма (histogram) — разновидность столбчатой диаграммы;
- круговые и пончиковые (Pie Chart) ;
- линейные диаграммы или графики (Line Chart) ;
- зональная диаграмма (Area Chart).
- точечная диаграмма (Scatter Plot) ;
- пузырьковая диаграмма (Bubble Chart).
- блок-схема или структурная диаграмма (Block diagram).

Рисунок их изображения представлен ниже.

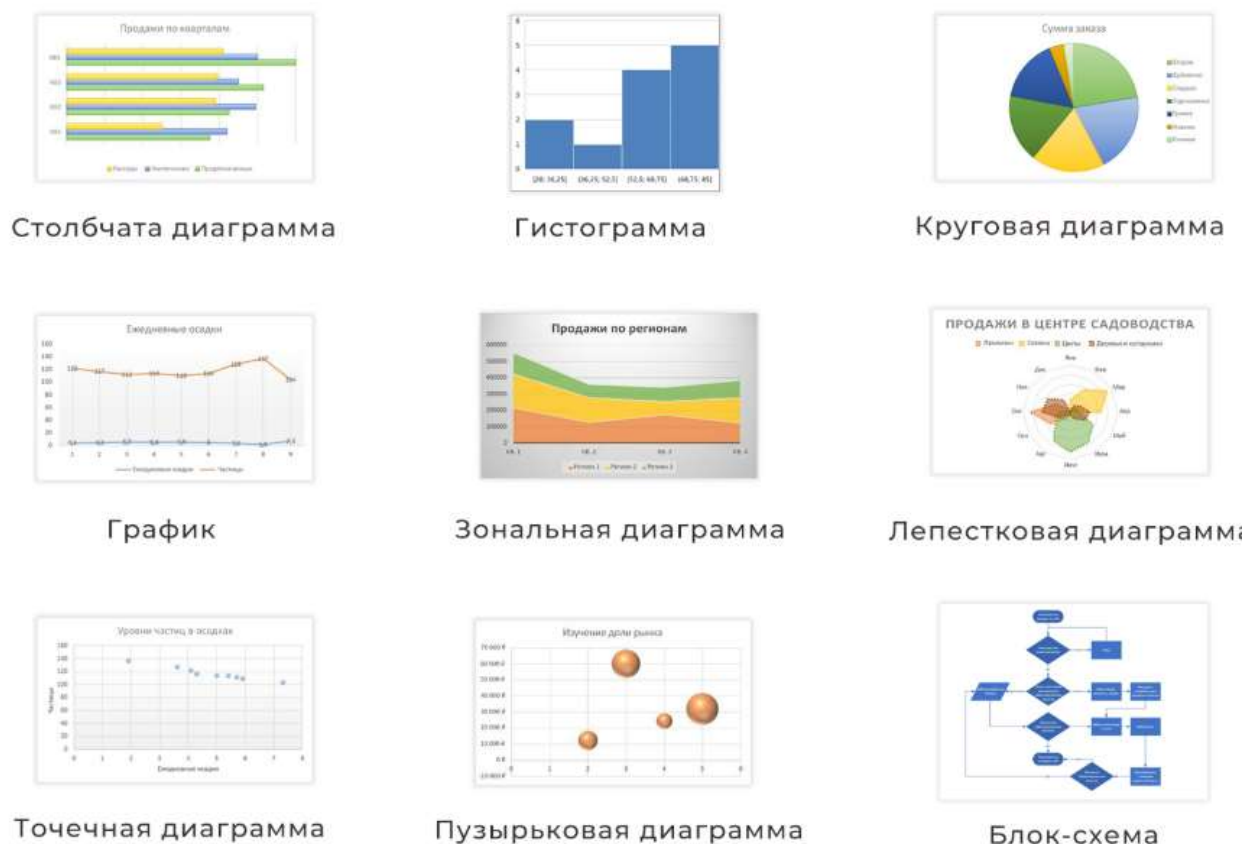


Рисунок 1 – Виды диаграмм

Следующий метод – карты. Они отображают взаимосвязи между объектами в пространстве. Всем известный пример – географические карты, которые отображают страны, климатические зоны и рельеф местности.

Пример такой карты представлен на рисунке 2.

Далее идет такой метод, как таблицы и матрицы. В контексте визуализации данных, таблицы и матрицы – это равнозначные понятия.

Они представляют собой набор строк и столбцов, на пересечении которых содержится информация. Пример таблицы сочетания цветов представлен на рисунке 3. По ней мы быстро и просто можем понять какие цвета и с какой степенью сочетаются между собой.

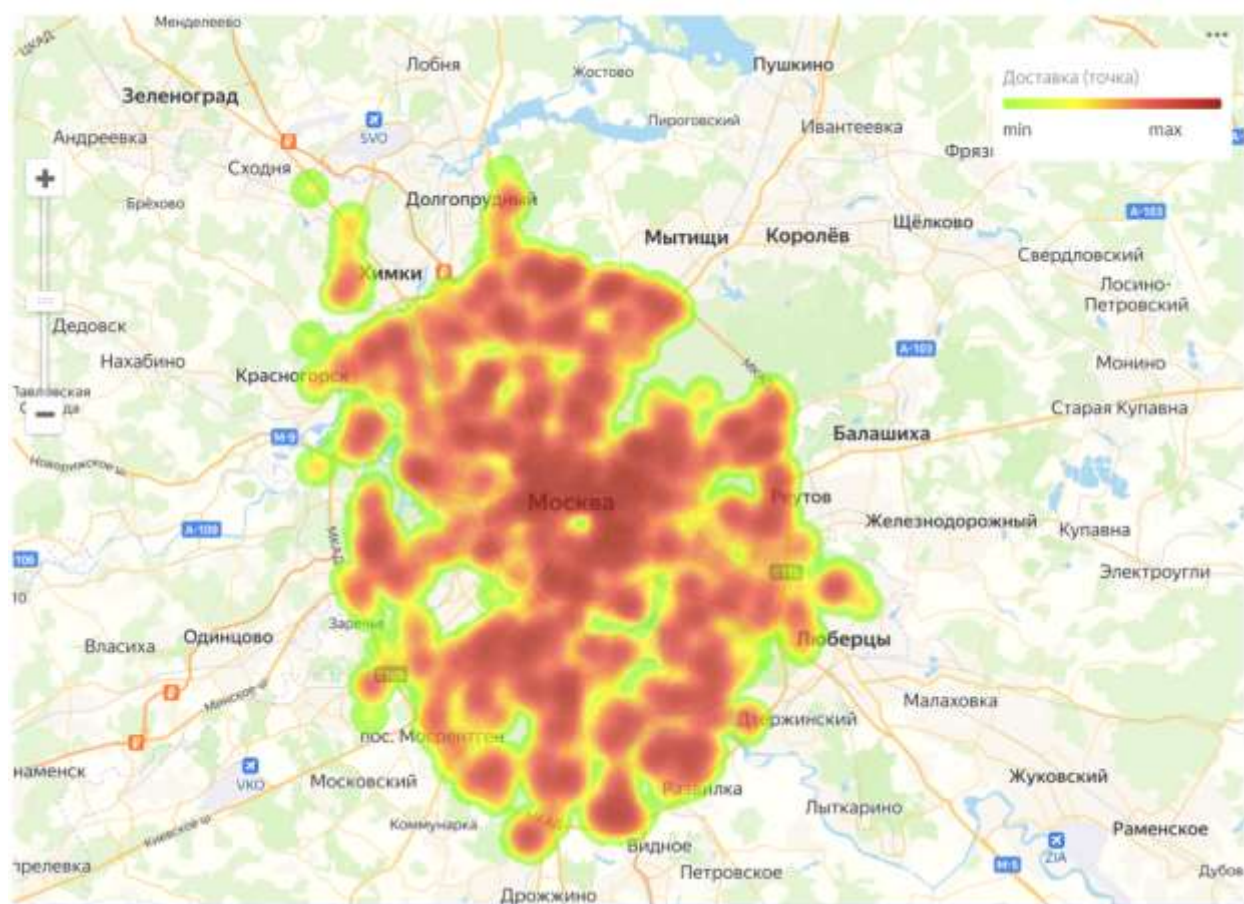


Рисунок 2 – Тепловая карта

Мы разобрали самые основные методы визуализации данных, но не стоит забывать, что существует еще достаточно много других интересных методов.

И в завершении статьи следует рассказать в каких сферах применяется визуализация данных. Визуализация используется во многих сферах, где необходимо анализировать большие объемы информации, выявлять закономерности и представлять результаты в наглядном виде. Рассмотрим ключевые области применения и методы визуализации:

1. Бизнес и аналитика – используются как графики и диаграммы, так и карты для анализа продаж, визуализации клиентских данных и прогнозирования рыночных трендов.
2. Финансы и экономика – используются биржевые графики и гистограммы для отслеживания курсов валют и фондового рынка, анализа рисков и инвестиций, а также для бюджетного планирования и отчетности.
3. Наука и исследования – используются точечные диаграммы для анализа статистических данных.

4. Медицина и здравоохранение – используется графики динамики заболеваний для анализа эпидемиологических данных и мониторинга состояния генетической информации.

	Светло-голубой	Серо-голубой	Кобальтовый	Ультрамарин	Зеленовато-голубой	Темно-зеленый	Желто-зеленый	Салатовый	Пастельно-зеленый	Слоновая кость	Кремовый	Песочный	Охра	Темно-бронзовый	Розовый	Оранжевый	Красный	Карминово-красный	Серый	Белый
Светло-голубой	☺	☹	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☹
Серо-голубой	☹	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☹
Кобальтовый	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☹
Ультрамарин	☺	☺	☹	☺	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☹
Зеленовато-голубой	☹	☹	☹	☹	☺	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☹
Темно-зеленый	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹
Желто-зеленый	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹
Салатовый	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹
Пастельно-зеленый	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☹	☹	☹
Слоновая кость	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Кремовый	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Песочный	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Охра	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Темно-бронзовый	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Розовый	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺	☺
Оранжевый	☹	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☹	☺	☺	☺
Красный	☹	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☹	☹	☺	☺
Карминово-красный	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☹	☺	☺
Серый	☺	☺	☺	☺	☺	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Белый	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺

☺	хорошо сочетаемые цвета
☹	гармонирующие между собой цвета
☹	цвета не очень хорошо сочетаются
☹	абсолютно не сочетающиеся цвета

Рисунок 3 – Таблица совместимости цветов

Заключение

Визуализация данных играет важную роль в современной обработке информации и ее анализе. Она позволяет не только упростить восприятие большого объема сложных данных, но и выявить скрытые закономерности, что очень помогает в бизнесе, науке, медицине, образовании и многих других сферах.

Использование различных методов представления информации, таких как диаграммы, графики и географические карты, повышает эффективность анализа

и принятия решений. Современные технологии, включая искусственный интеллект и машинное обучение, открывают новые горизонты для автоматизированной и адаптивной визуализации данных.

Таким образом, грамотное применение визуализации информации способствует повышению эффективности работы с данными, улучшает коммуникацию между специалистами и помогает принимать более обоснованные решения в различных областях деятельности.

Список литературы

1. Кабаков, Р. И. R в действии. Анализ и визуализации данных в программе R. Руководство / Роберт И. Кабаков. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 282 с.
2. Мамаев, А. Н. Визуализация данных в презентациях, отчетах и исследованиях / А. Н. Мамаев. – М.: Практическая медицина, 2011. – 859 с.
3. Кабаков, Р. И. R в действии. Анализ и визуализация данных на языке R / Роберт И. Кабаков. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 741 с.
4. Методы визуализации и представления данных. – URL: <https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-vizualizaciya-dannyh/> - 10.02.2025.
5. Шагеев, Д. А. Поиск решения проблемы выбора формы свёртки локальных векторов с целью повышения точности измерений в методе анализа иерархий / Д. А. Шагеев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOH.
6. Астраханцева, И. А. Имитационная модель проточного трубчатого реактора / И. А. Астраханцева, С. П. Бобков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAVASM.
7. Бугаев, Ю. В. Анализ моделей и алгоритмов оптимизации раскроя одномерных лесоматериалов / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHР.
8. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.
9. Грибанов, А. А. Моделирование процесса комбинированного полива с использованием электрохимически активированной воды в теплицах / А. А. Грибанов, А. А. Мещерякова, А. В. Стариков // Моделирование систем и процессов.

– 2024. – T. 17, № 4. – С. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.

References

1. Kabakov, R. I. R in action. Data analysis and visualization in the R program. Manual / Robert I. Kabakov. – M.: DMK Press, 2016. – 282 p.
2. Mamaev, A. N. Data visualization in presentations, reports and research / A. N. Mamaev. – M.: Practical medicine, 2011. – 859 p.
3. Kabakov, R. I. R in action. Data analysis and visualization in the R language / Robert I. Kabakov. – Moscow: DMK Press, 2012, 741 p.
4. Methods of visualization and data representation. – URL: <https://www.unisender.com/ru/glossary/chto-takoe-vizualizaciya-dannyh/>- 02/10/2025.
5. Shageev, D. A. Search for a solution to the problem of choosing the form of convolution of local vectors in order to improve the accuracy of measurements in the hierarchy process analysis method / D. A. Shageev // Modeling of systems and processes. - 2024. - Vol. 17, No. 3. - P. 95-105. - DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. - EDN FUFKOX.
6. Astrakhantseva, I. A. Simulation model of a flow-through tubular reactor / I. A. Astrakhantseva, S. P. Bobkov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – EDN VAV-ASM.
7. Bugaev, Yu. V. Analysis of models and algorithms for optimizing the cutting of one-dimensional timber / Yu. V. Bugaev, L. A. Korobova, I. Y. Shurupova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.
8. Zarevich A.I., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.
9. Gribanov A. A., Meshcheryakova A. A., Starikov A.V. Modeling of the combined irrigation process using electrochemically activated water in greenhouses // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

Г.А. Янчуркина¹, Е.А. Аникеев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

В работе рассматриваются данные, для разработки информационной системы определяющие дефекты древесины с применением нейросетевого подхода. Для понимания предметной области, определяем какие могут быть пороки древесины. Берем за основу методологии ГОСТ 2140-81 и ГОСТ 9463-2016. Основываясь на них разрабатываем датасет для информационной системы использующей компьютерное зрение. Обучаем на его основе нейронную сеть. Нейронная сеть после насмотренности сама будет классифицировать по сортам лесоматериалы круглые хвойных пород.

Ключевые слова: нейронная сеть, ГОСТ 2140-81, ГОСТ 9463–2016, пороки древесины, датасет, информационная система.

DATA ANALYSIS IN THE STUDY OF AN INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINING WOOD DEFECTS USING A NEURAL NETWORK APPROACH

G.A. Yanchurkina¹, E.A. Anikeev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The paper examines the data used to develop an information system that determines wood defects using a neural network approach. To understand the subject area, we determine what wood defects may be. We take the methodology GOST 2140-81 and GOST 9463-2016 as a basis. Based on them, we are developing a dataset for an information system using computer vision. We train a neural network based on it. After viewing, the neural network itself will classify round coniferous timber by grades.

Keywords: neural network, GOST 2140-81, GOST 9463-2016, wood defects, dataset, information system.

В современном мире автоматизация процессов контроля качества древесных материалов становится все актуальнее, из-за возросших экономических издержек и уменьшения количества лесов, в данной статье будет рассматривать древесину хвойных пород.

В начале надо прийти к пониманию: «Что такое древесина?»

Древесина — это природный материал, образующийся в результате роста деревьев. Она состоит кроны, ствола, корня, которые состоят из клеток, содержащие целлюлозу, лигнин и т.д.

Древесина делится на несколько основных типов:

Хвойные породы: такие как сосна, ель, пихта и т.д. В них образуется больше смолы, поэтому хвойный лес более пожароопасный.

Лиственные породы, например, дуб, бук, берёза. Эти породы обычно более плотные и твёрдые.

Тропические породы: такие как тик, мербау. Они известны своей высокой прочностью и устойчивостью к внешним воздействиям.

Каждый тип древесины имеет свои особенности, что усложняет задачу автоматического выявления дефектов. Поэтому важно учитывать эти различия.

Для стандартизации процесса определения дефектов используется ГОСТ 2140-81 ВИДИМЫЕ ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ТЕРМИНЫ, И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ. Тес самым мы можем мы может анализировать пороки древесины и задавать параметры для создания датасета.

После того как определились, используя ГОСТ 2140-81 с пороками древесины, надо их классифицировать по отношению их к сорту древесины. За основу берем определения сортности ГОСТ 9463 – 2016 ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫЕ ХВОЙНЫХ ПОРОД. В этом ГОСТе написано, что для присвоения лесоматериала круглой хвойной породе, необходимо соответствовать определенному качеству. Таким образом прослеживается связь между пороками древесины и соответствия лесоматериала определенного сорта.

Для разрабатываемой информационной системы выбираем технологию «компьютерного зрения», используем связь между древесиной с пороками или без них к определённого сорту лесоматериалов круглых пород.

Наибольшее внимание уделим созданию набора данных (датасет). Набор данных играет ключевую роль в успехе проекта. Он должен содержать большое количество фотографий лесоматериалов круглых хвойных пород с различными

пораками древесины и без них, посмотрите на рисунок 1, рисунок 2. Данный датасет состоит из 200 фотографий.



Рисунок 1 – Элементы датасета



Рисунок 2 – Элементы датасета

Необходимо так же использовать камеры высокого разрешения для получения четких изображений. Ещё применяем специальное программное обеспечение для маркировки изображений.

После создания датасета, необходимо обучение нейронной сети

Нейронная сеть будет обучаться на созданном наборе данных с использованием алгоритмов глубокого обучения.

Для решения задачи классификации лесоматериалов круглых хвойных пород с различными пороками древесины и без них, можно использовать следующую архитектуру нейронных сетей, такую как свёрточную нейронную сеть (CNN).

Свёрточные нейронные сети (CNN) – хорошо подходят для анализа подобных изображений автоматически извлекая иерархические признаки (от простых к сложным), используют фильтры для обнаружения (ядра) к входным данным для выделения различных признаков (контраст, края, текстуры и формы).

В статье используется наиболее простой и популярный способом обучения, метод обучения с учителем (на маркированных данных) — метод обратного распространения ошибки и его модификации. Маркировка состоит в определении сорта древесины по фото. Например, первый сорт рисунок 3., третий сорт рисунок 4.



Рисунок 3 – Первый сорт лесоматериала.

Применение нейросетевого подхода для определения дефектов древесины имеет ряд преимуществ:

1. высокую точность;

2. автоматизация: система может работать без участия человека, что снижает затраты;

3. масштабируемость: модель может быть адаптирована для работы с различными типами древесины и дефектами.



Рисунок 4 – Третий сорт лесоматериала.

Перспективы развития

Разработанная информационная система может быть интегрирована в существующие производственные процессы для автоматического контроля качества древесины. Кроме того, она может быть расширена для работы с лиственными видами древесины. В будущем возможно внедрить дополнительные функции, такие как прогнозирование долговечности древесины и рекомендации по ее использованию.

Список литературы

1. Бугаев, Ю. В. Анализ моделей и алгоритмов оптимизации раскроя одномерных лесоматериалов / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWNP.

2. Грибанов, А. А. Моделирование процесса комбинированного полива с использованием электрохимически активированной воды в теплицах / А. А. Грибанов, А. А. Мещерякова, А. В. Стариков // Моделирование систем и процессов.

– 2024. – Т. 17, № 4. – С. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.

3. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

4. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.

5. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбенева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

6. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Ищенко, Е. А. Применение технологий электродинамического моделирования для определения эффективной площади рассеяния малых объектов / Е. А. Ищенко, С. М. Федоров, Д. М. Федоров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.

8. Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В., Денисова О.А., Полуэктов А.В. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.

References

1. Bugaev, Yu.V. Analysis of models and algorithms for optimizing the cutting of one-dimensional timber / Yu. V. Bugaev, L. A. Korobova, I. Yu. Shurupova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.

2. Griбанov, A. A. Modeling of the process of combined irrigation using electrochemically activated water in greenhouses / A. A. Griбанov, A. A. Meshcheryakova, A.V. Starikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.
3. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
4. Simulation modeling of deformative indicators of departmental highways reinforced with slag silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.
5. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the example of the Sakhan project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebnaya, P. Yu. Gusev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
7. Ishchenko, E. A. Application of electrodynamic modeling technologies to determine the effective scattering area of small objects / E. A. Ishchenko, S. M. Fedorov, D. M. Fedorov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 53-59. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-53-59. – EDN PPJTCT.
8. Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V., Denisova O.A., Poluektov A.V. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combination device with reliability in mind// Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 115-124.

ПРОГРАММНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОРОКОВ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Г.А. Янчуркина¹, Е.А. Аникеев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В этой статье рассматривается опыт по созданию датасета для присвоения сортности лесоматериалам круглых хвойных пород с использованием нейронной сети YOLO (You Only Look Once) — предназначенной для работы с объектами на изображениях. Для разметки именованных сущностей будем использовать Label Studio. Данные библиотеки и инструменты используют язык программирования Python версия 3.7.

Ключевые слова: компьютерное зрение, программные инструменты, YOLO, Label Studio, разметка, сорт древесины.

OPEN SOURCE SOFTWARE TOOLS FOR DETECTING WOOD DEFECTS USING COMPUTER VISION

G.A. Yanchurkina¹, E.A. Anikeev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. This article examines the experience of creating a dataset for assigning grades to round coniferous timber using the YOLO (You Only Look Once) neural network, designed to work with objects in images. We will use Label Studio to mark up named entities. These libraries and tools use the Python programming language version 3.7.

Keywords: computer vision, software tools, YOLO, Label Studio, markup, wood grade.

Набор данных или датасет — это совокупность данных, используемых для обучения нейронных сетей. Разметка изображений является важным этапом создания систем искусственного интеллекта и ключевой задачей в компьютерном

зрении, поскольку помогает алгоритмам научиться распознавать объекты и их характеристики на картинках.

На сегодняшний день готового решения не существует по определению сорта лесоматериалов хвойных пород, поэтому возникает потребность самостоятельно изучить предоставляемый материал (срезы бревен) и по нему собрать фотографии, далее установить программное обеспечение и нанести разметку, таким образом обучить систему.

Этапы создания датасета для информационной системы использующая компьютерного зрения в определении дефектов древесины с помощью нейронной сети YOLO (You Only Look Once).

1. Качество фотографий

Фотографии должны быть сделаны с помощью современных камер или смартфонов с высоким разрешением. Это обеспечивает чёткость деталей и позволяет нейронной сети эффективно выявлять дефекты древесины. Основные рекомендации по качеству:

разрешение: минимальное разрешение изображений должно составлять не менее 100 dpi;

четкость фокусировки: все элементы древесины на изображении должны быть четко видны. Размытые участки могут привести к ошибкам в классификации. Отсутствие шума: минимизируйте шум;

2. Освещение

Правильное освещение играет важную роль в процессе создания датасета. Недостаточное или неравномерное освещение может исказить цветовую гамму древесины и затруднить выявление дефектов. Следуйте этим рекомендациям:

Естественное освещение: по возможности используйте дневной свет, так как он наиболее подходящий.

Искусственное освещение: если естественный свет недоступен, используйте равномерное искусственное освещение без бликов и теней. Рекомендуется использовать источники света с цветовой температурой около 5000–6500 К (нейтрально-белый свет).

Избежание бликов: важно учитывать это правило при съёмке на гладкой поверхности.

3. Угол съёмки изображения.

Угол съёмки помогает получить максимально информативные изображения, которые в будущем полезны для обучения нейронной сети. При съёмке учитывается следующее:

Фронтальная съемка: объекты на полке должны быть перед камерой. Полное захватывание объекта: постарайтесь захватить как можно большую площадь лесоматериала.

Стандартизация ракурса: по возможности используйте одинаковый ракурс для всех изображений одного сорта древесины. Это позволит упростить процесс обучения модели и повысит его точность.

4. Количество фотографий, используемых для дата сета.

Чем больше данных будет доступно для обучения нейронной сети, тем лучше она сможет обобщать информацию и распознавать различные типы дефектов. Учитывайте следующие рекомендации:

Минимальное количество: для каждого сорта древесины необходимо собрать не менее 200 (двести) изображений. Это базовое требование, позволяющее модели научиться распознавать характерные особенности данного порока древесины.

Разнообразие ракурсов и условий съемки фотографий: помимо количества фотографий, важно обеспечить разнообразие условий съемки (разные ракурсы, освещение, фон) для каждого сорта древесины. Это поможет модели адаптироваться к реальным условиям использования.

Балансировка классов: если некоторые типы дефектов встречаются реже, то важно искусственно увеличивать.

5. Увеличение объема данных, для улучшения качества датасета.

Чтобы сделать набор данных более разнообразным и репрезентативным, можно использовать методы расширения данных. Эти методы позволяют создавать:

Повороты и масштабирование: изменение угла фотографии, использования разного масштаба предмета.

Зеркальное отражение: создание зеркальных копий изображений.

Изменение яркости и контраста: имитация различных условий освещения.

Добавление шума: моделирование реальных условий съемки с учетом возможных внешних факторов.

6. Особенности маркировки изображений.

Правильная маркировка изображений – ключевой этап подготовки датасета. Она позволяет нейронной сети понять, какие части изображения соответствуют определенным типам дефектов. Рекомендации:

Каждый дефект должен быть четко обозначен и классифицирован в соответствии с ГОСТ 2140-81 ВИДИМЫЕ ПОРОКИ ДРЕВЕСИНЫ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ТЕРМИНЫ, И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ и ГОСТ 9463 – 2016 ЛЕСОМАТЕРИАЛЫ КРУГЛЫЕ ХВОЙНЫХ ПОРОД. Использование специализированного программного обеспечения: для маркировки изображений, можно использовать такой инструмент, как Label Studio представленный на рисунке 1.

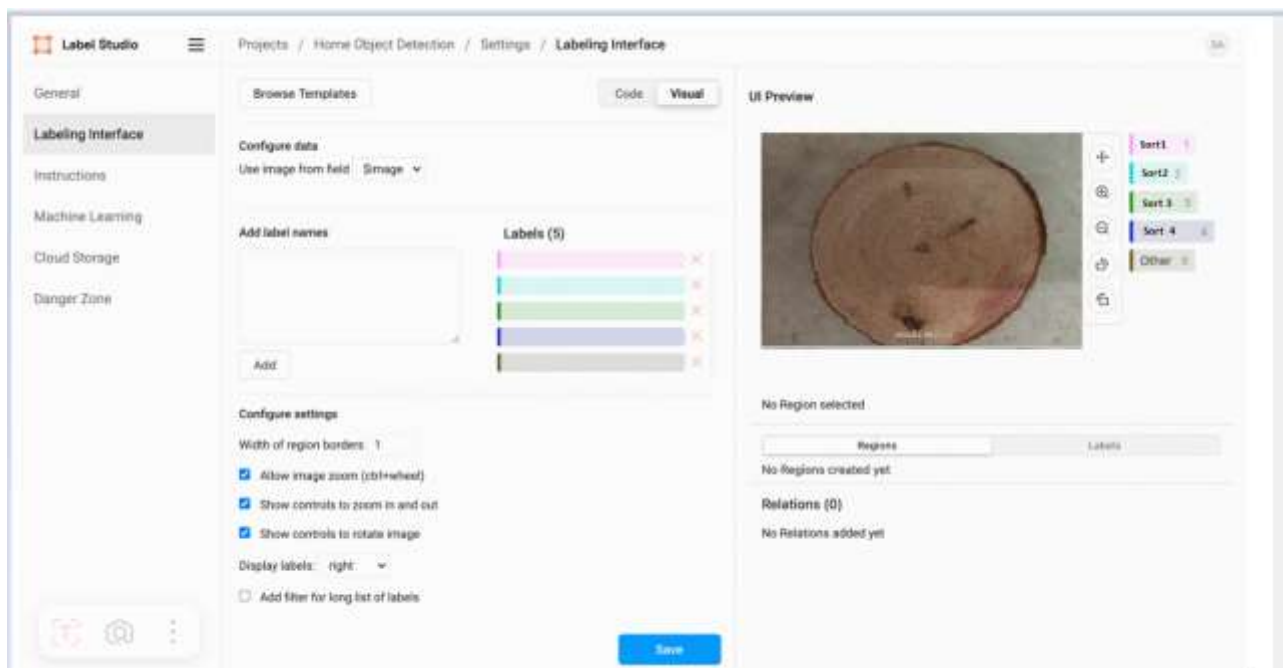


Рисунок 1 – Разметка лесоматериала

Проверка корректности: после маркировки необходимо провести проверку данных для исключения ошибок.

7. Примеры лучших практик.

Ниже приведены примеры того, как можно соблюдать вышеуказанные требования:

Создание стандартизированной установки: используйте специальную платформу или стол для съёмки, которые обеспечивают одинаковые условия для всех изображений.

Автоматизация процесса: если возможно, задействуйте камеру, реагирующую на смену лесоматериала.

Контроль качества: регулярно проверяйте полученные изображения на соответствие требованиям и удаляйте некачественные фотографии.

Вывод.

Соблюдение указанных требований к фотографиям, в свою очередь, приводит к улучшению производственных процессов, снижению затрат и повышению эффективности контроля качества древесины.

Список литературы

1. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
2. Бугаев, Ю. В. Анализ моделей и алгоритмов оптимизации раскроя одномерных лесоматериалов / Ю. В. Бугаев, Л. А. Коробова, И. Ю. Шурупова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHР.
3. Грибанов, А. А. Моделирование процесса комбинированного полива с использованием электрохимически активированной воды в теплицах / А. А. Грибанов, А. А. Мещерякова, А. В. Стариков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.
4. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
5. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.
6. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбенева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
7. Котляров, В. В. Методы защиты цифровых устройств на базе ПЛИС от ионизирующего излучения в условиях космического пространства / В. В. Котляров, А. В. Шевченко, В. И. Анциферова // Моделирование систем и процессов. –

2024. – T. 17, № 4. – С. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.

References

1. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field in forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
2. Bugaev, Yu.V. Analysis of models and algorithms for optimizing the cutting of one-dimensional timber / Yu. V. Bugaev, L. A. Korobova, I. Yu. Shurupova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 23-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-23-31. – EDN MRHWHP.
3. Griбанov, A. A. Modeling of the process of combined irrigation using electrochemically activated water in greenhouses / A. A. Griбанov, A. A. Meshcheryakova, A.V. Starikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 31-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-31-42. – EDN ZTAVIF.
4. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-3-26-36. – EDN EJJKJP.
5. Simulation modeling of deformative indicators of departmental highways reinforced with slag silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.
6. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the example of the Sakhan project) / O. V. Minakova, I. V. Potsebneva, P. Yu. Gusev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.
7. Kotlyarov, V. V. Methods of protecting digital devices based on FPGAs from ionizing radiation in outer space / V. V. Kotlyarov, A.V. Shevchenko, V. I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 59-67. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-59-67. – EDN QUDAPD.

СЕКЦИЯ 3
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

DOI: 10.58168/MIST2025_475-481

УДК 519.713.1

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ
УСИЛИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ТИПОВ С ПОМОЩЬЮ СИМУЛЯТОРА
QUCSSTUDIO**

А.В. Алфимов¹, Д.С. Дроздов¹, А.И. Заревич¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается применение универсального симулятора QUCSSTUDIO для моделирования инвертирующих и не инвертирующих операционных усилителей, а также устройств на их основе. Были построены модели и получены характеристики аналогового сумматора и активного фильтра.

Ключевые слова: моделирование, инвертирующий усилитель, активный фильтр, симулятор, аналоговый сумматор.

**SIMULATION OF THE OPERATION OF VARIOUS DEVICES BASED ON
AMPLIFIERS OF DIFFERENT TYPES USING
THE QUCSSTUDIO SIMULATOR**

A.V. Alfimov¹, D.S. Drozdov¹, A.I. Zarevich¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the use of the universal QUCSSTUDIO simulator for modeling inverting and non-inverting operational amplifiers, as well as devices based on them. Models were built and the characteristics of the analog adder and active filter were obtained.

Key words: simulation, inverting amplifier, active filter, simulator, analog adder.

Операционный усилитель является унифицированным элементом, который позволяет кратно увеличить напряжение, а также используется выполнения

операций над аналоговыми электрическими сигналами. Обычно имеет два входа и один выход. Диапазон использования подобных устройств широк [1,2]. Усилители имеются в составе фильтров, генераторов сигналов, интеграторов, стабилизаторов тока и напряжения.

Для моделирования операционных усилителей [3,4] существуют различные программные пакеты схемотехнического анализа [5], отличающиеся функциями, интерфейсом и сложностью исследуемых моделей. Одним из таких симуляторов является Qucsstudio, который свободно распространяется и отличается многообразием функций. Рассмотрим работу Qucsstudio на примере нескольких типов усилителей

Первым видом усилителя, который моделируется, будет инвертирующий (рисунок 1). Принимаются следующие начальные параметры: усиление схемы рассчитывается согласно зависимости $G = -(R2 / R1)$; $R1 = 1k$ $R2 = 10k$.

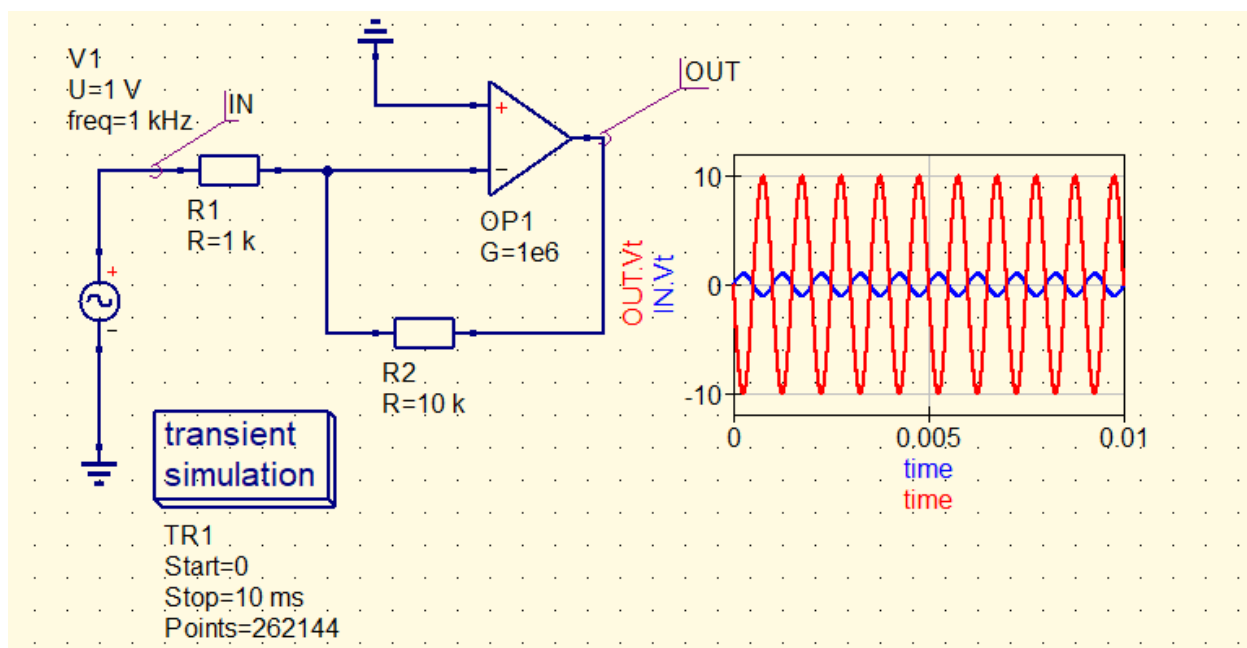


Рисунок 1 – Схема инвертирующего усилителя и его характеристики

На выходе получается десятикратное усиление со сдвигом фаз 180 градусов. Таким образом, при входном напряжении 1 V на выходе получится значение -10 V.

Для не инвертирующего усилителя, представленного на рисунке 2, устанавливаются следующие параметры: схема усиления поределяется выражением $G = +(R1 + R2) / R1 = 11$; $R1 = 1k$ $R2 = 10k$.

Следовательно, если входное напряжение будет равно 1V, то выходное напряжение получится 11V. Сдвига фаз не произойдет, т.е. выходное и входное напряжения находятся в одной фазе

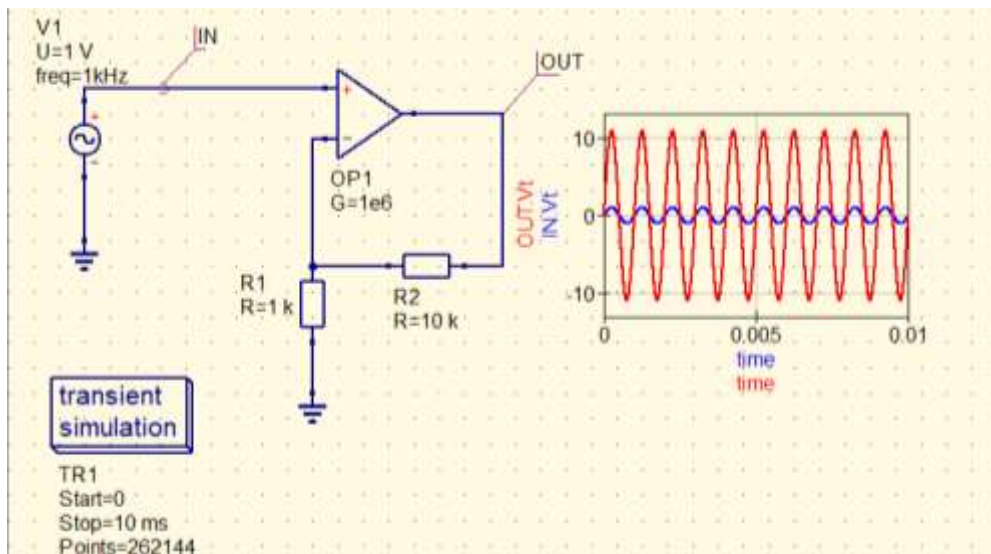


Рисунок 2 – Схема не инвертирующего усилителя и его характеристики

В аналоговом сумматоре происходит сложение сигналов с помощью инвертирующего усилителя (рисунок 3).

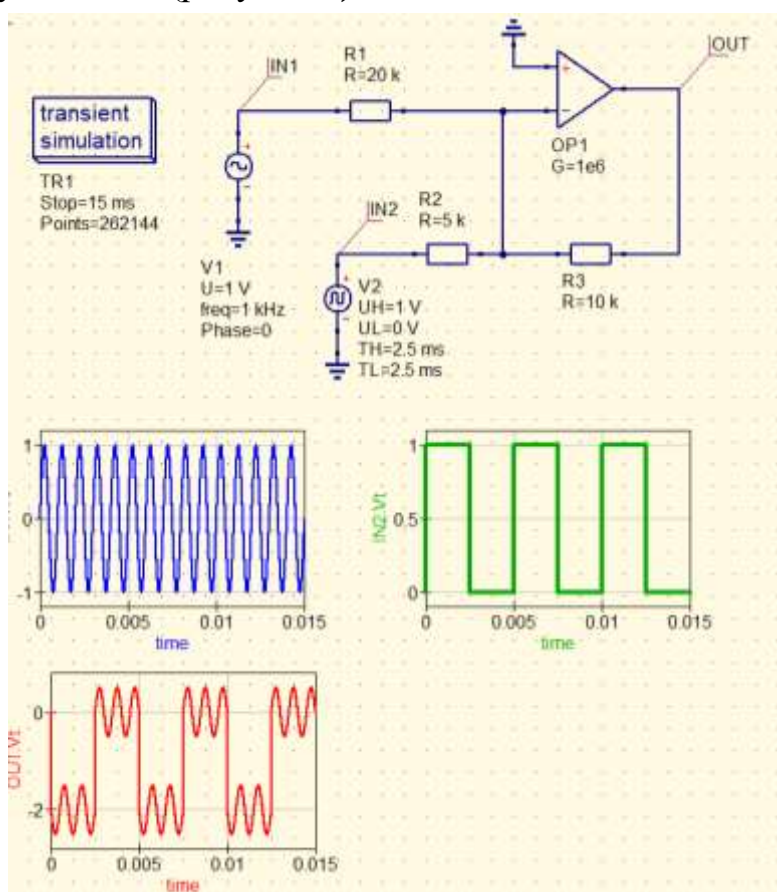


Рисунок 3 – Схема и характеристики аналогового сумматора на основе инвертирующего усилителя

На рисунке 3 разные входные токи, один проходит через R1, другой – через R2 суммируются на резисторе R3. Падение напряжения на резисторе определяется следующей схемой: $U_{R3} = (I_{R1} + I_{R2}) * R3$. Инвертированное выходное напряжение будет равно по модулю U_{R3} , но противоположно по знаку, т.е. $U_{out} = -U_{R3}$. В этом устройстве разное усиление для каждого входа:

– для V1 (синусоидальное напряжение) значение будет равняться $R3 / R1 = 10k / 20k = 0.5$;

– для V2 (импульсное напряжение) – $R3 / R2 = 10k / 5k = 2$.

Следующим моделирующим устройством (рисунок 4) является активный фильтр, использующий операционный усилитель (ОУ). Он обладает целым рядом достоинств, среди которых дешевизна, широкий диапазон настройки усиления, возможность использования отрицательной обратной связи, перспектива реализации на частотах 100 МГц.

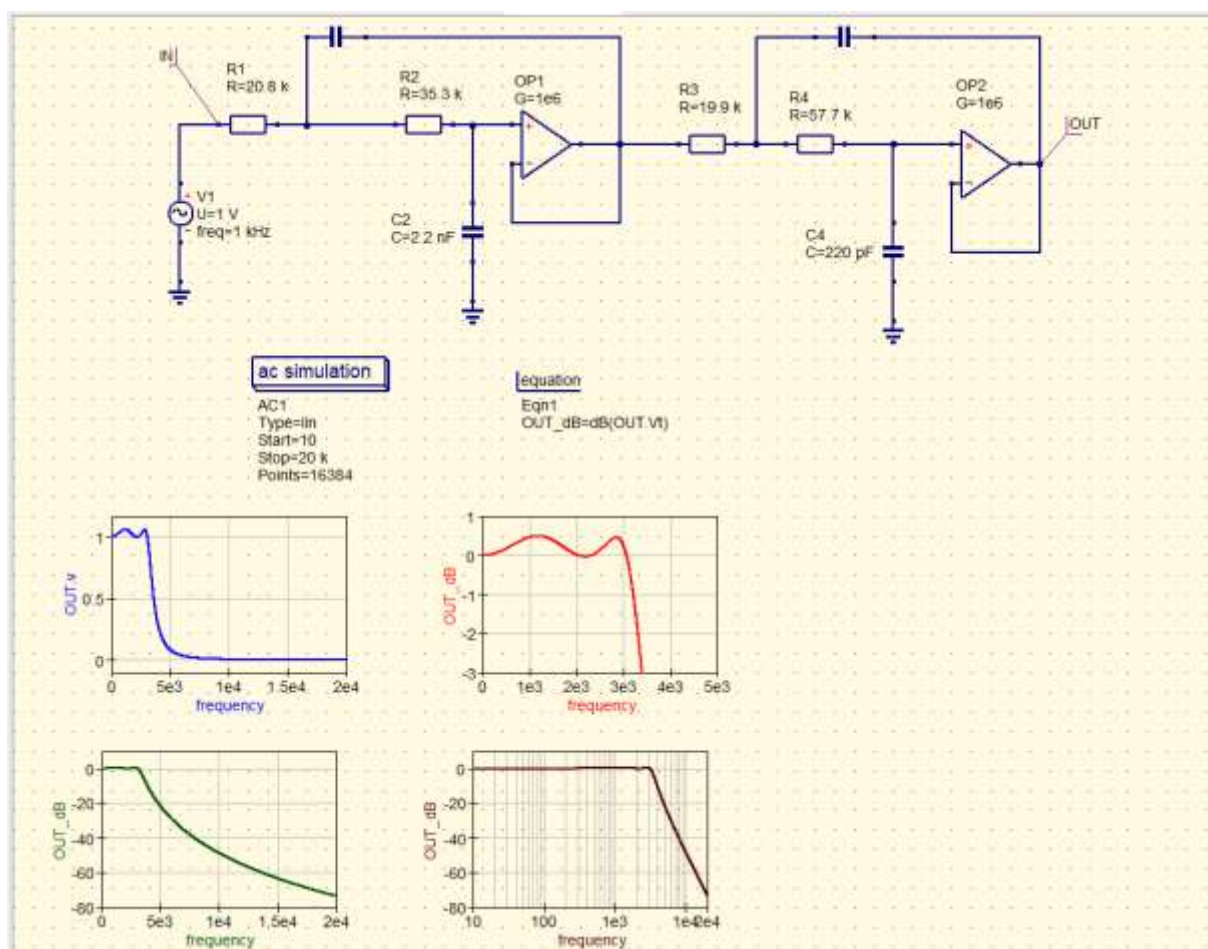


Рисунок 4 – Схема и характеристики активного фильтра на базе операционного усилителя

В схеме был использован идеальный ОУ, диапазон изменения частоты от 10 Hz до 20 kHz. Результаты для выходного напряжения OUT V_t показаны в четырех вариациях: 1) линейный выход, а по оси x частота до 20000 Гц; 2) выход в децибелах от -3 до $+1$, а ось x до 5 кГц; 3) выход в децибелах от -80 до $+10$, а ось x до 20000 Гц; 4) выход в децибелах от -80 до $+10$, а ось x логарифмическая от 10 Гц до 20 кГц.

Если сделать фильтрацию по времени с симуляцией от 0 до 50 мс и 262144 точками для хорошего качества, то получим характеристики, представленные на рисунке 5. Разрешение по частоте будет вычисляться как $b = 1 / 50 \text{ ms} = 20 \text{ Hz}$.

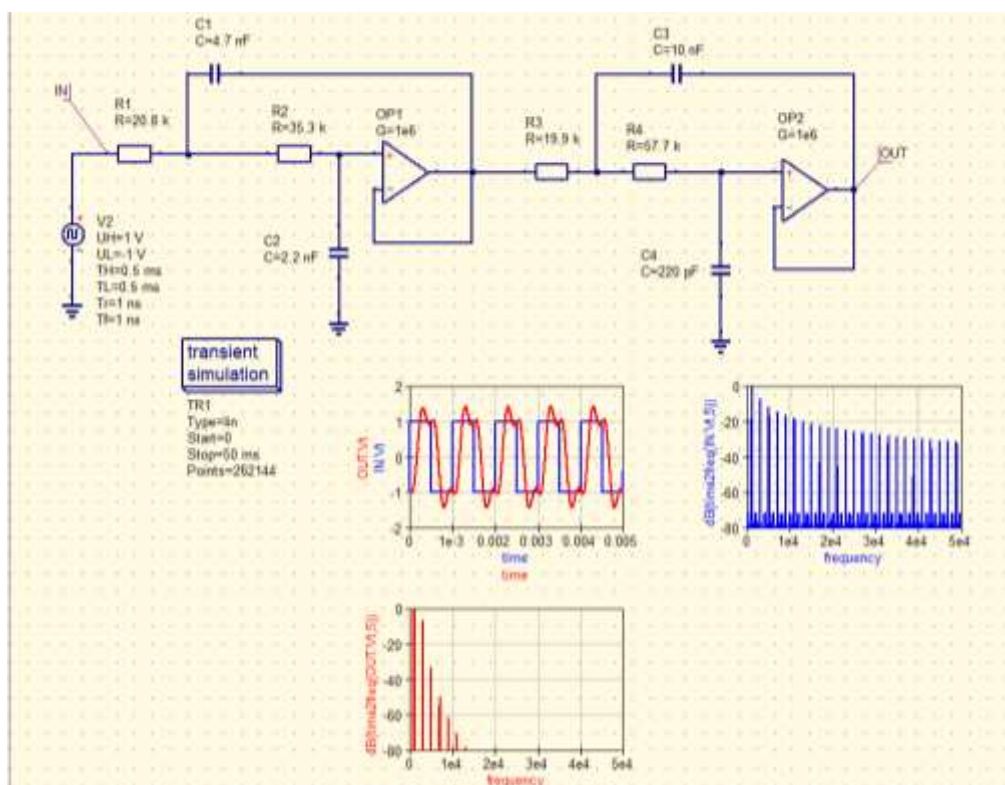


Рисунок 5 – Схема и характеристики активного фильтра на базе операционного усилителя с применением фильтрации по времени

С помощью симулятора Qucsstudio было проведено моделирование устройств, имеющих в своем составе операционные усилители и были получены выходные характеристики, показывающие нюансы их работы.

Список литературы

1. Романов, О. Операционные усилители Zero-Drift от китайских производителей / О. Романов // Электронные компоненты. – 2023. – № 5. – С. 56.

2. Чистяков, А. Операционные усилители с входным дифференциальным каскадом на биполярных супер-бета транзисторах / А. Чистяков // Электронные компоненты. – 2021. – № 7. – С. 52-55.

3. Зольников, В. К. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36.

4. Зольников, К. В. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, Н. Н. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44.

5. Черненко, Д. В. Моделирование мемристоров с использованием операционных усилителей в симуляторах электронных схем / Д. В. Черненко, В. Ф. Куксевич, Е. В. Астапенко, Н. В. Видунок // Материалы докладов 54-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Материалы докладов конференции. В 2-х томах, Витебск, 28 апреля 2021 года. Том 2. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2021. – С. 37-39.

6. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.

7. Сумин, В. И. Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур / В. И. Сумин, А. С. Дубровин, И. С. Куцева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.

8. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Romanov, O. Operational Zero-Drift amplifiers from Chinese manufacturers / O. Romanov // Electronic components. – 2023. – No. 5. – P. 56.

2. Chistyakov, A. Operational amplifiers with an input differential cascade on bipolar super-beta transistors / A. Chistyakov // *Electronic components*. – 2021. – No. 7. – pp. 52-55.
3. Zolnikov V. K. Computer modeling of electrical circuit operability in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – T. 17, No. 3. – P. 26-36.
4. Zolnikov, K. V. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, N. N. Litvinov, M. A. Solodilov // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – T. 17, No. 3. – P. 36-44.
5. Chernenko, D. V. Modeling of memristors using operational amplifiers in simulators of electronic circuits / D. V. Chernenko, V. F. Kuksevich, E. V. Astapenko, N. V. Vidunok // *Proceedings of the 54th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students : Conference proceedings*. In 2 volumes, Vitebsk, April 28, 2021. Volume 2. Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2021. P. 37-39.
6. Paramonov, A. A. Investigation of the structure of a tropical cyclone based on the analysis of satellite video data using the method of almost periodic analysis / A. A. Paramonov, A.V. Kalach, A. S. Kravchenko // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
7. Sumin, V. I. Features of the selection of members of the expert group for the analysis of the functioning of a complex organizational system of law enforcement agencies / V. I. Sumin, A. S. Dubrovin, I. S. Kushcheva // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.
8. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // *Modeling systems and processes*. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

ПЕРСПЕКТИВЫ RISC-V АРХИТЕКТУРЫ В РАЗРАБОТКЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ

Е.А. Аникеев¹, А.В. Акименко¹, И.Н. Занин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Анотация: В статье рассматриваются перспективы применения архитектуры RISC-V в разработке микропроцессоров. Анализируются ограничения масштабирования транзисторов, недостатки архитектуры x86 и их влияние на производительность и энергоэффективность. Рассмотрены особенности RISC-V, включая открытую архитектуру, модульность и настраиваемость, а также её преимущества и перспективы в контексте закона Амдала. Приведены примеры применения RISC-V в различных областях, включая высокопроизводительные вычисления, встроенные системы и интернет вещей, а также текущие проекты в Российской Федерации.

Ключевые слова: RISC-V, микропроцессоры, архитектура, масштабирование транзисторов, энергоэффективность, открытая архитектура, закон Амдала.

PERSPECTIVES OF RISC-V ARCHITECTURE IN MICROPROCESSOR DEVELOPMENT

E.A. Anikeev¹, A.A. Akimenko¹, I.N. Zanin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article examines the prospects of using the RISC-V architecture in microprocessor development. The limitations of transistor scaling, the shortcomings of the x86 architecture, and their impact on performance and energy efficiency are analyzed. The features of RISC-V, including its open architecture, modularity, and customizability, as well as its advantages and prospects in the context of Amdahl's Law, are considered. Examples of RISC-V applications in various fields, including high-performance computing, embedded systems, and the Internet of Things, as well as current projects in the Russian Federation, are provided.

Keywords: RISC-V, microprocessors, architecture, transistor scaling, energy efficiency, open architecture, Amdahl's Law.

На протяжении последних 50 лет в микроэлектронике происходит явление, которое принято называть «масштабированием транзисторов».

Это процесс напрямую связан с законом Мура, предсказывающим удвоение количества транзисторов на кристалле каждые два года.

Формула закона Мура:

$$F = 2^{n \cdot F1}$$

где F — показатель улучшения характеристик компьютера, $F1$ — начальный показатель характеристик компьютера, n — количество двухгодичных промежутков времени, которые прошли с момента, когда имел место $F1$ [6].

Закон Мура, описывающий экспоненциальный рост плотности транзисторов на кристалле, на протяжении десятилетий был движущей силой развития микропроцессорной индустрии. Увеличение плотности транзисторов позволяло повышать производительность за счет увеличения числа ядер, увеличения тактовой частоты и более сложной архитектуры. Однако, с приближением к физическим пределам масштабирования транзисторов, дальнейшее увеличение производительности становится все более сложным и энергозатратным [6].

Это также называют масштабированием Деннарда принцип которого показывает, что уменьшение размеров полевых транзисторов приводит к тому, что они работают быстрее, в то время как соразмерно увеличивается энергопотребление процессора.

Согласно закону Деннарда, плотность мощности должна была оставаться постоянной по мере уменьшения размеров транзисторов. Однако, с уменьшением размеров транзисторов, возрастает ток утечки, что приводит к увеличению энергопотребления и тепловыделения. Это затрудняет увеличение тактовой частоты процессоров, так как тепловыделение растет пропорционально квадрату частоты:

$$P = C \cdot V^2 \cdot f$$

где P — мощность, C — емкость, V — напряжение, f — частота [5].

В контексте архитектуры x86, осложнение набора инструкций и увеличение сложности микроархитектуры приводят к росту затрат энергии и задержек при исполнении инструкций.

Современная микроэлектроника развивается в условиях постоянного стремления к увеличению производительности при одновременном снижении энергопотребления [6].

Это позволило значительно увеличить производительность процессоров, что мы видим на рисунке. 2, однако в последние годы темпы масштабирования замедляются, так как предел масштабирования в ближайшее время будет достигнут.

Вначале программисты имели дело с набором команд процессора, который назывался сложным CISC. Для наибольшей эффективности его упростили его и сделали RISC [4].

Далее в конце эпохи Деннарда произошел переход к многоядерным системам, что так же способствовало увеличению производительности. Однако, было быстро достигнуто ограничение, обусловленное так называемым законом Амдала — когда производительность многоядерной системы ограничивается наиболее узким местом, а именно доступом к общей памяти среди многочисленных ядер на микропроцессоре.

Вот формула закона Амдала для оценки максимального ускорения (S), достижимого на вычислительной системе из P процессоров:

$$S = \frac{1/(f + (1 - f))}{P}$$

Формула предполагает, что f — это доля последовательных вычислений в общем объёме, а P — число используемых процессоров.

Закон Амдала гласит, что ускорение выполнения программы за счёт распараллеливания её инструкций на множестве вычислителей ограничено временем, необходимым для выполнения её последовательных инструкций.

Сейчас мы находимся в красной зоне — конце масштабирования. Закон Мура для микропроцессоров близится к своему завершению, так как физические ограничения затрудняют дальнейшее увеличение плотности интеграции. [5]

В этом контексте, RISC-V представляет собой открытую, свободную от лицензионных отчислений архитектуру набора команд (ISA), предоставляющую гибкую и настраиваемую платформу для создания микропроцессоров. В отличие от проприетарных архитектур RISC-V позволяет разработчикам вносить изменения и дополнения в набор инструкций, что открывает новые возможности для оптимизации процессоров под конкретные задачи [1].

Таким образом архитектура x86, традиционно доминирующая на рынке, сталкивается с рядом проблем. Ее сложность, обусловленная обратной совместимостью с предыдущими поколениями, затрудняет оптимизацию и инновации. Так же несмотря на переход на RISC-процессоры, системы команд продолжали усложняться. Это связано с тем, что возникали новые приложения, а для этих новых приложений требовались новые команды. На рисунке 3 показан рост количества таких команд для архитектуры Intel x86.

Тенденции развития микропроцессорных технологий направлены на поиск новых архитектурных решений, способных преодолеть ограничения масштабирования транзисторов и энергоэффективности. Основные направления исследований: параллельные вычисления, специализированные ускорители, новые типы памяти и альтернативные материалы. В этом контексте RISC-V с его гибкостью и открытостью представляется перспективным кандидатом для создания эффективных и энергоэффективных микропроцессоров [4].

Ключевые особенности RISC-V:

- Модульность.
- Открытость и свобода.
- Простота.
- Настраиваемость.
- Производительность.
- Энергоэффективность.
- Гибкость.
- Низкая стоимость.
- Безопасность [4].

В настоящее время RISC-V активно развивается и применяется в различных областях.

Перспективы RISC-V в области микропроцессоров весьма обнадеживающие. Ожидается дальнейший рост популярности RISC-V в различных сегментах рынка, особенно в сегментах встроенных систем, интернета вещей, искусственного интеллекта и высокопроизводительных вычислений [1].

Приведём примеры использования RISC-V:

Системы Интернета вещей (IoT).

Компания SiFive, один из ведущих игроков на рынке RISC-V, производит широкий спектр микроконтроллеров на базе этой архитектуры, предназначенных для различных устройств IoT [3].

Высокопроизводительные вычисления.

Некоторые компании, такие как Esperanto Technologies, разрабатывают многоядерные процессоры на основе RISC-V для высокопроизводительных вычислений, включая задачи машинного обучения и обработки больших данных [2].

Встраиваемые системы.

RISC-V используется в различных встраиваемых системах, таких как автомобильная электроника, промышленная автоматика и аэрокосмическая техника.

В Российской Федерации также ведут активную работу над внедрением и развитием RISC-V технологий.

Российские проекты по работе с RISC-V включают в себя такие исследования как:

Разработка микроконтроллеров для специальной техники.

Российские научно-исследовательские институты и компании работают над созданием микроконтроллеров на основе RISC-V для использования в специальной технике и военной промышленности.

Встраиваемые системы для промышленного оборудования.

Российские разработчики применяют RISC-V в создании систем управления для промышленного оборудования.

Образовательные и исследовательские проекты.

Несколько российских университетов и исследовательских центров активно используют RISC-V в образовательных и исследовательских целях.

RISC-V представляет собой перспективную архитектуру для разработки микропроцессоров, способную ответить на современные вызовы в области микроэлектроники.

Список литературы

1. Выбор критерия оптимальности при принятии управленческих решений в сложных технических системах / А. В. Скрыпников, И. А. Высоцкая, С. А. Евдокимова [и др.] // Моделирование систем и процессов. —

2024. – Т. 17, № 1. – С. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.

2. Карелин, А. Н. Решение задач тепло- и массообмена в технических объектах на основе компьютерного моделирования / А. Н. Карелин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 57-65. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-57-65. – EDN NESKWZ.

3. Минакова, О. В. Повышение эффективности работы в проектах open source на основе архитектурного анализа (на примере проекта Сахана) / О. В. Минакова, И. В. Поцбнева, П. Ю. Гусев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

4. Полонский, С. В. / RISC-V — лекция Станислава Полонского / С. В. Полонский // Исследования и прогнозы в IT : [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/668810/> (дата обращения: 17.12.2024).

5. Методика проектирования специализированных вычислительных систем на основе совместной оптимизации аппаратного и программного обеспечения / И. Е. Тарасов, П. Н. Советов, Д. В. Люлява, Д. И. Мирзоян // RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL. — 2024. — № 3. — С. 37-45.

6. Современные проблемы и закон Мура / В. С. Тормозов, Е. А. Кулпейс, К. К. Смагулова, Н. Н. Смокталь // Ученые заметки ТОГУ. — 2021. — № 3. — С. 97-99.

7. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.

8. Арапов, Д. В. Автоматизированная мобильная система принятия решений для использования в специальной медицине / Д. В. Арапов, В. А. Курицын, С. А. Скоробогатов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN SMPART.

References

1. Selection of the optimality criterion when making management decisions in complex technical systems / A. V. Skripnikov, I. A. Vysotskaya, S. A.

Evdokimova [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 120-128. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-120-128. – EDN MMIAIH.

2. Karelin, A. N. Solution of heat and mass transfer problems in technical objects based on computer modeling / A. N. Karelin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 57-65. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-57-65. – EDN NESKWZ.

3. Minakova, O. V. Improving the efficiency of work in open source projects based on architectural analysis (using the Sakhan project as an example) / O. V. Minakova, I. V. Potsebneva, P. Yu. Gusev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – P. 84-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-84-92. – EDN NZNSKM.

4. Polonsky, S.V. / RISC-V — lecture by Stanislav Polonsky / Polonsky S.V. // Research and forecasts in IT: [site]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/samsung/articles/668810/> (date of access: 12/17/2024).

5. Methodology for designing specialized computing systems based on joint optimization of hardware and software / I. E. Tarasov, P. N. Sovetov, D. V. Lyulyava, D. I. Mirzoyan // RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL. – 2024. – No. 3. – pp. 37-45.

6. Modern problems and Moore's law / V. S. Tormozov, E. A. Kulpeis, K. K. Smagulova, N. N. Smoktal // Scientific notes of Tomsk State University. — 2021. — No. 3. — p. 97-99.

7. Yurchishina, M. V. Algorithmic model of the DSS "Optimal curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.

8. Arapov, D. V. Automated mobile decision-making system for use in special medicine / D. V. Arapov, V. A. Kuritsyn, S. A. Skorobogatov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 7-16. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-5-13. – EDN CMPAPT.

ПРИНЦИП РАБОТЫ ДЕШИФРАТОРОВ

А.В. Витвицкий¹, К.В. Зольников¹, А.В. Ачкасов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

В статье анализируется принцип работы различных декодеров (дешифраторов) Дешифратор (декодер) – это комбинационное цифровое устройство, входящее в группу преобразователей кодов, задача которого перевести двоичный код на своих входах в выходной десятичный (позиционный) код.

Ключевые слова: дешифратор, позиционный код, двоичный код, преобразователь кода, задачи, исполнители, вход, выход, микропроцессор, пассивный и активный сигналы.

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF DECODERS

A.V. Vitvickiy¹, K.V. Zolnikov¹, A.V. Achkasov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The article analyzes the principle of operation of various decoders (decoders) A decoder (decoder) is a combinational digital device belonging to a group of code converters, whose task is to translate the binary code at its inputs into the output decimal (positional) code.

Keywords: decoder, positional code, binary code, code converter, tasks, performers, input, output, microprocessor, passive and active signals.

Цифровые устройства разделяются на две группы: последовательные и комбинационные. Микросхемы, относящиеся к комбинационным, выполняют более сложные задачи и функции, по сравнению с ЛЭ. Из-за отсутствия элементов памяти, результат выходного сигнала полностью зависит от тех переменных, которые поступают в данный момент времени. К комбинационным устройствам так же относятся дешифраторы, которые мы разберем подробнее.

Дешифратор (декодер) – это комбинационное цифровое устройство, входящее в группу преобразователей кодов, задача которого перевести двоичный

код на своих входах в выходной десятичный (позиционный) код. При подаче на входы декодера определенной комбинации двоичных сигналов, только один из его выходов становится активным, в то время как все остальные выходы остаются неактивными.

Если не рассматривать механические аналоги дешифраторов древности, история создания декодеров начинается с первой половины XX века. С развитием цифровых технологий требовались все более быстрые логические схемы и первыми декодерами стали ламповые дешифраторы на вакуумных лампах (1930-е – 1950-е г.). Однако ламповые схемы были громоздкими и потребляли много энергии, а также из-за своего принципа работы были очень ненадежными и требовали постоянного обслуживания.

Прогресс не стоял на месте, поэтому на смену громоздким лампам пришла транзисторная эра (1950-е – 1960-е г.), которая так же затронула дешифраторы. Транзисторы дали почву на создание специализированных дискретных декодеров, которые применялись для управления ячейками памяти или вывод на различных индикаторах информации.

С появлением интегральных схем (1960-е – 1970-е г.) пришло и массовое производство декодеров. Интегральные схемы дали возможность инженерам разместить большое количество компонентов на кристалле кремния, что и стало опорой для массовости использования дешифраторов. Они перекалифицировались из отдельных устройств в «фундамент» для построения цифровых систем.

Микропроцессоры и программируемая логика (1970-е годы и далее) внесли существенные изменения в разработку декодеров. Количество транзисторов и прочих элементов на микропроцессорах позволили многие логические функции реализовать программное, включая и дешифрацию. Декодеры стали неотъемлемой частью более крупных микросхем, таких как контроллеры памяти, микроконтроллеры, процессоры и т.д.

Так же развитие интернета и современную медиа культуру невозможно представить без современных декодеров. Без дешифратора тяжело представить преобразование IP-адресов, в понятные человеку доменные имена. Мошенники без труда бы заманивали пользователей на «фишинговые» сайты, ведь на взгляд набор нулей и единиц очень тяжело отличить друг от друга, не говоря уже о том, чтобы их запомнить.

Большинство обычных пользователей даже не догадывается, что устройства дешифрации окружают их повседневную жизнь: в пульте управления TV, в дебетовых и кредитных картах, в электронных часах и во многом другом.

Для рассмотрения принципа работы декодеров и их разновидностей, нам поможет процесс создания дешифратора. У разных типов дешифраторов варьируется количество входов, и оно зависит от разрядности поступающего кода. Количество выходов определяется количеством возможных состояний. Логика работы декодера зависит от выбора активного выхода при определенных входных комбинациях. В данный момент при создании декодера рассматриваются их основные типы:

- двоичные декодеры – самый простой тип, который преобразует n -битное двоичное число в один из 2^n выходных сигналов. Например, декодер 2-в-4 (с двумя входами и четырьмя выходами) или декодер 3-в-8 (с тремя входами и восемью выходами).

- декодер BCD в десятичный – преобразует двоично-десятичный код (BCD) в десятичный код, активируя соответствующий выход от 0 до 9.

- адресный декодер – используется для выбора ячейки памяти или устройства по адресу, который подается на его входы.

- декодер 7-сегментного дисплея – преобразует двоичный или BCD код в сигналы, которые управляют сегментами семи сегментного индикатора для отображения цифр.

- специализированный декодер – используются в различных приложениях, например, для управления матричными дисплеями, демультиплексирования данных и т.д.

Далее идет разработка таблицы истинности для конкретного типа декодеров.

Рассмотрим таблицу истинности на примере линейного дешифратора.

Линейный дешифратор – позволяет переводить двоичный код в десятичный, называется 2х4 из-за своей конструкции с 2 входами и 4 выходами.

Таблица 1 – Таблица истинности для дешифратора 2х4

	Входы		Выходы			
№	x_1	x_0	y_0	y_1	y_2	y_3
0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
2	1	0	0	0	1	0
3	1	1	0	0	0	1

На таблице 1 описаны входы – x_0 , x_1 , и все возможные варианты сигналов, которые могут поступить на них, аналогичная информация отображена на выхо-

дах – $y_0 – y_3$. Подобные таблицы нужны для развернутого отображения всех возможных комбинаций входных сигналов, и какие выходы на декодере будут под напряжением, для вывода сигнала, а какие будут пассивные, без сигнала.

Благодаря таблице истинности становится возможным раскладка декодера на комбинационную схему с 4 выходами. Что позволит далее разложить устройство на 4 отдельные схемы, которые помогают визуализировать формирование одного из выходных сигналов.

Таким образом например для выхода y_0 возможно вывести формулу: $y_0 = \overline{x_1} \cdot \overline{x_0}$.

Выход y_1 : $y_1 = \overline{x_1} \cdot x_0$.

Выход y_2 : $y_2 = x_1 \cdot \overline{x_0}$.

Выход y_3 : $y_3 = x_1 \cdot x_0$.

Следующим этапом становится построение функциональной схемы дешифратора.

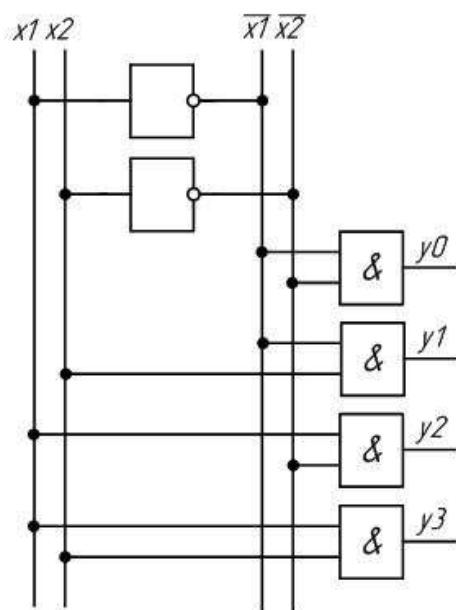


Рисунок 1 – Функциональная схема декодера 2х4

В проектировании микроэлектроники на принципиальных схемах для обозначения дешифраторов чаще всего используется обозначение DC (от слова «DECODER» – декодирующее устройство).

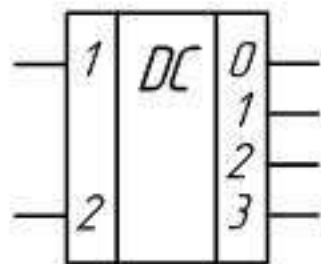


Рисунок 2 – Микросхема дешифратора 2х3

Список литературы

1. Муханин Л. Г. Схемотехника измерительных устройств: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2016. — 284 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-0843-6 — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205958125038> (дата обращения: 14.12.2024)
2. Иванов И. И., Соловьев Г. И., Фролов В. Я. Электротехника и основы электроники: Учебник. 7-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2012. — 736 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/353639> (дата обращения: 14.12.2024)
3. Принцип работы дешифратора. — URL: <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/princip-raboty-deshifratora-kratko.html> (дата обращения: 14.12.2024)
4. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов, А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 3. — С. 16-25. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. — EDN QFRURQ.
5. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 3. — С. 26-36. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. — EDN EJJKJP.
6. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. — 2024. — Т. 17, № 3. — С. 36-44. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. — EDN EAGOOO.

References

1. Mukhanin L. G. Circuit design of measuring devices: A textbook. — 2nd ed., revised. — St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2016. — 284 p.: ill. — (Textbooks for universities. Special literature). — ISBN 978 5 8114 0843 6 — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205958125038> (accessed:14.12.2024)
2. Ivanov I. I., Soloviev G. I., Frolov V. Ya. Electrical engineering and fundamentals of electronics: Textbook. 7th ed., reprint. and additional — St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2012. — 736 p.: ill. — (Textbooks for universities. Special literature). — ISBN 978-5-8114-0523-7. — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/353639> (date of reference: 14.12.2024)
3. The principle of operation of the decoder. — URL: <https://obrazovanie-gid.ru/dokumentaciya/princip-raboty-deshifratora-kratko.html> (accessed: 14.12.2024)
4. Vatiev, A. S. Optimization of test methods and algorithms for assessing the resistance of field-effect transistors to various types of radiation using advanced testing equipment / A. S. Vatiev, A. A. Sharapov, A. I. Ozerov // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 16-25. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. — EDN QFRURQ.
5. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 26-36. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. — EDN EJJKJP.
6. Creation of means of checking an electrical circuit using a test circuit of external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. — 2024. — Vol. 17, No. 3. — pp. 36-44. — DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. — EDN EAGOOO.

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОННУЮ КОМПОНЕНТНУЮ БАЗУ

Е.А. Гасанбекова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, П.А. Чубунов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются внешние воздействующие факторы космического пространства и эксплуатация космических летательных аппаратов. Приведена классификация радиационных эффектов в электронной компонентной базе от воздействия ионизирующего излучения космического пространства. Рассмотрены методы оценки стойкости электронной компонентной базы на этапах жизненного цикла изделия.

Ключевые слова: внешние воздействующие факторы космического пространства, ионизирующее излучение, эксплуатация космических летательных аппаратов, электронная компонентная база, жизненный цикл изделия.

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF OUTER SPACE AND THEIR IMPACT ON THE ELECTRONIC COMPONENT BASE

E.A. Hasanbekova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, P.A. Chubunov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article examines the external influencing factors of outer space and the operation of space aircraft. The classification of radiation effects in the electronic component base from exposure to ionizing radiation from outer space is given. Methods for assessing the durability of an electronic component base at the stages of a product's life cycle are considered.

Key words: external influencing factors of outer space, ionizing radiation, operation of spacecraft, electronic component base, product lifecycle.

Космическая погода оказывает воздействие как на физические объекты, находящиеся в космическом пространстве, так и на наземное оборудование и авиационную аппаратуру.

В связи с тем, что технологические операции при изготовлении элементной базы могут быть выполнены с отклонением от типовых значений, при этом они никак не сказываются на функциональных характеристиках, но может существенно изменять радиационную стойкость микросхемы, то имеется вероятность поставки потенциально не стойких изделий для комплектования аппаратуры космических аппаратов (КА).

В этих условиях оценка стойкости элементной базы на этапе серийного производства приобретает особое значение. В данной работе рассматривается эта проблема.

Разработка моделей описания процессов оценки стойкости электронной компонентной базы и исследования в области моделирования этих процессов ведется многие годы разными учеными.

На рисунке 1 представлен общий вид воздействия явлений космического пространства на различные объекты. На рисунке 2 рассматривается влияние вспышки на околоземное пространство и технику.

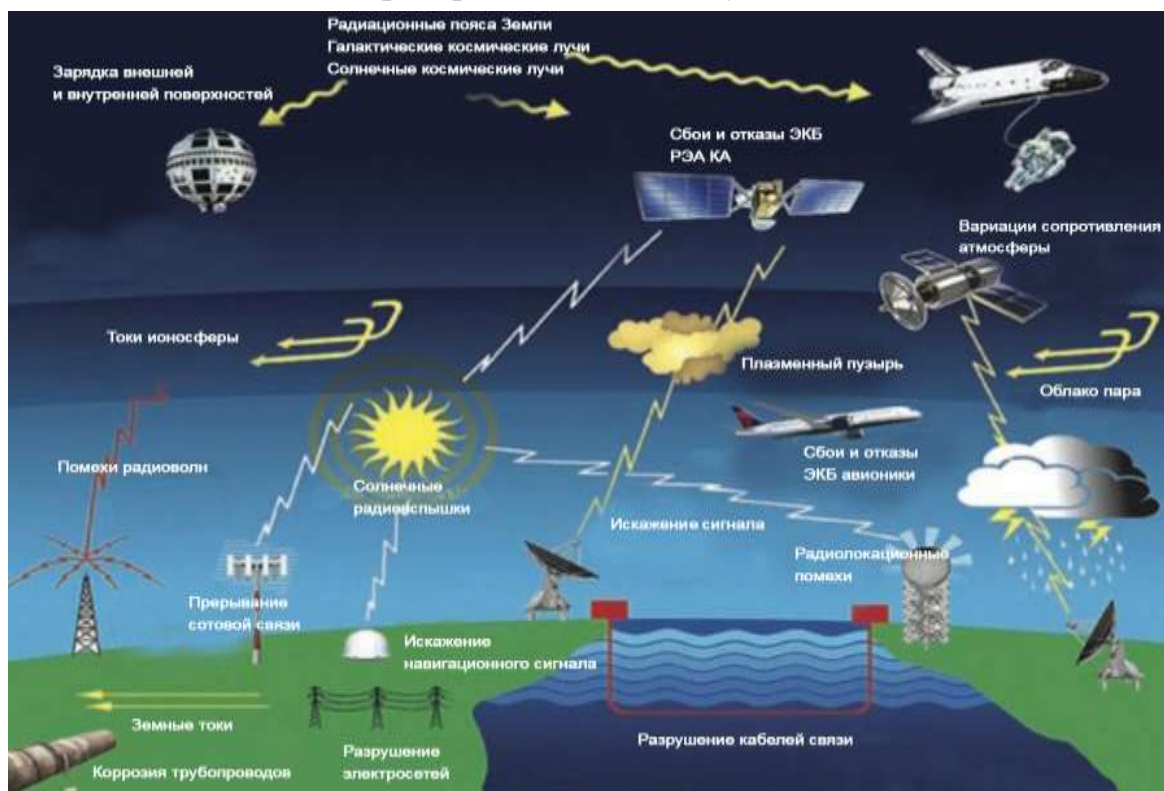


Рисунок 1 – общий вид воздействия явлений космического пространства на различные объекты

Рассмотрим классификацию радиационных эффектов в электронной компонентной базе от воздействия ионизирующего излучения космического пространства.

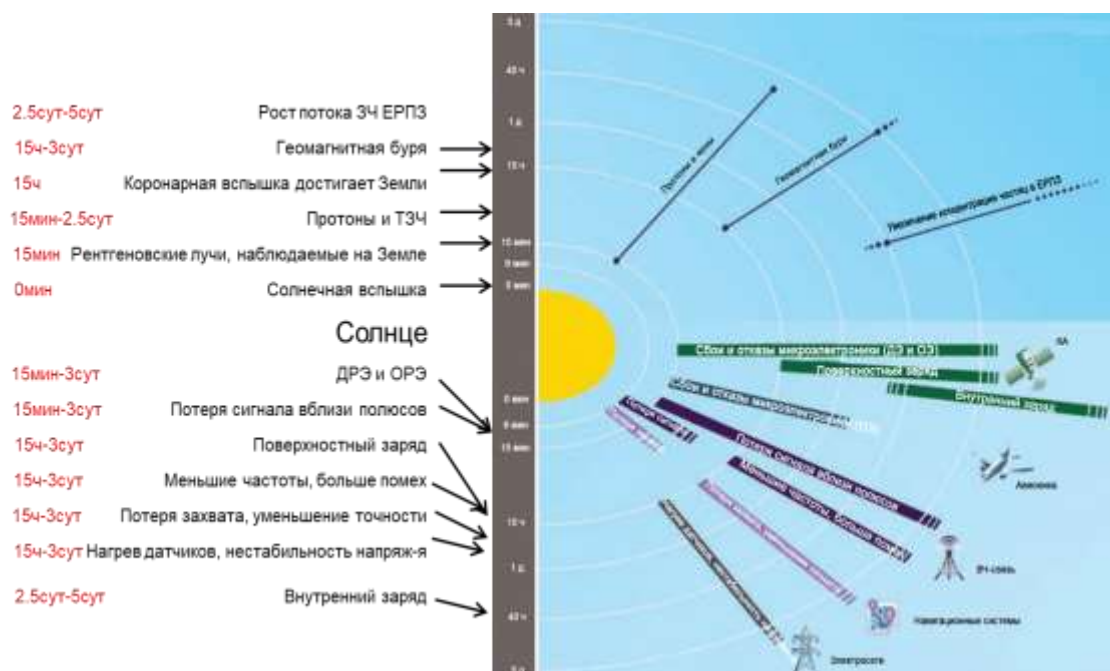


Рисунок 2 – Влияние вспышки на околоземное пространство и технику

Основные одиночные радиационные эффекты, возникающие в электронной компонентной базе (ЭКБ), при воздействии ВЭП и ТЗЧ космического пространства (КП), и их классификация по характеру проявления (видам отказов) представлены на рисунке 3.

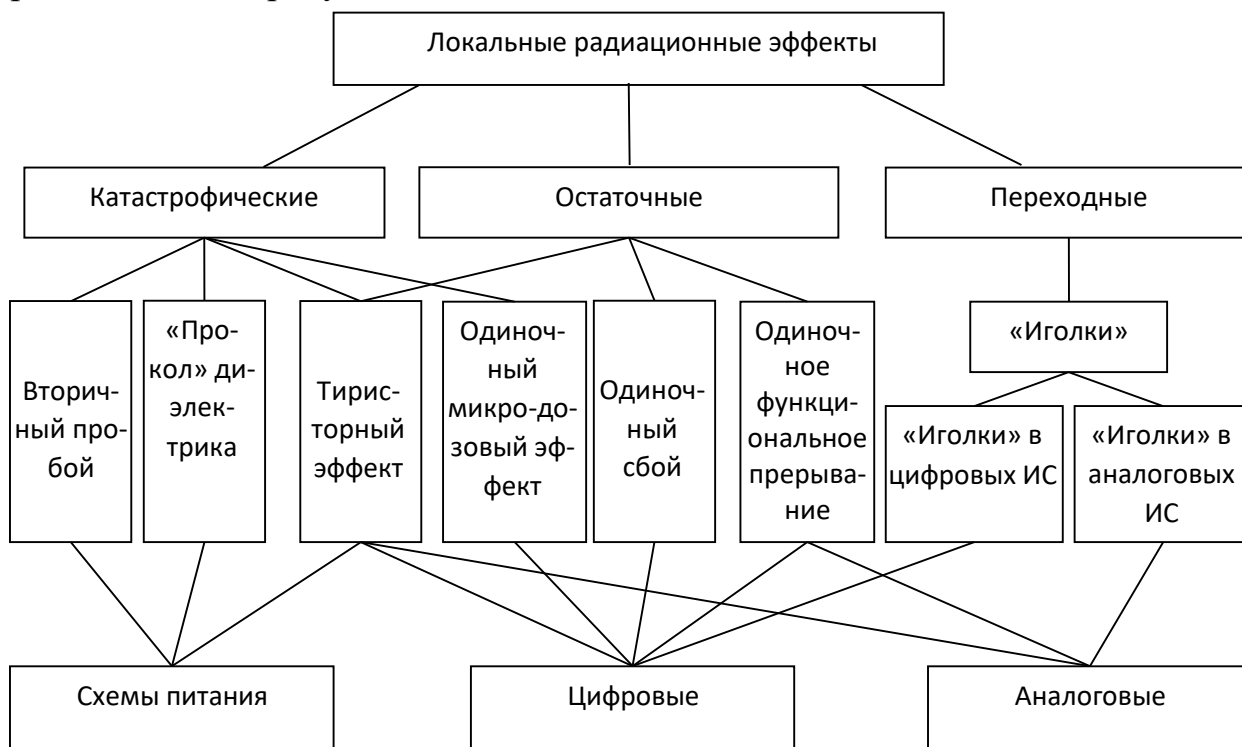


Рисунок 3 – Основные локальные радиационные эффекты в ИС

Рассмотрим методы оценки стойкости ЭКБ на этапах жизненного цикла изделия. С развитием таких технологий как «Объемный кремний» и «Кремний на изоляторе» (КНИ), а также в связи с уменьшением проектных норм до нанометрового диапазона, в полупроводниковой ЭКБ начали проявляться новые эффекты, которые ранее слабо влияли на изменение параметров сложно функциональной (СФ) ЭКБ и поэтому не учитывались.

В настоящее время, изменившиеся требования к условиям и срокам эксплуатации разрабатываемой ЭКБ, вносят изменения и в процесс проектирования ЭКБ двойного назначения при моделировании радиационных эффектов.

Также, в ближайшее время будет введен в действие новый комплекс государственных стандартов (КГС) «Климат-8», в соответствии с которым контроль и оценка стойкости ЭКБ должны проводиться не только на этапе разработки изделия, а и на этапе освоения производства и в массовом производстве.

Типовая схема контроля, охватывающая все стадии, представлена на рисунке 4.

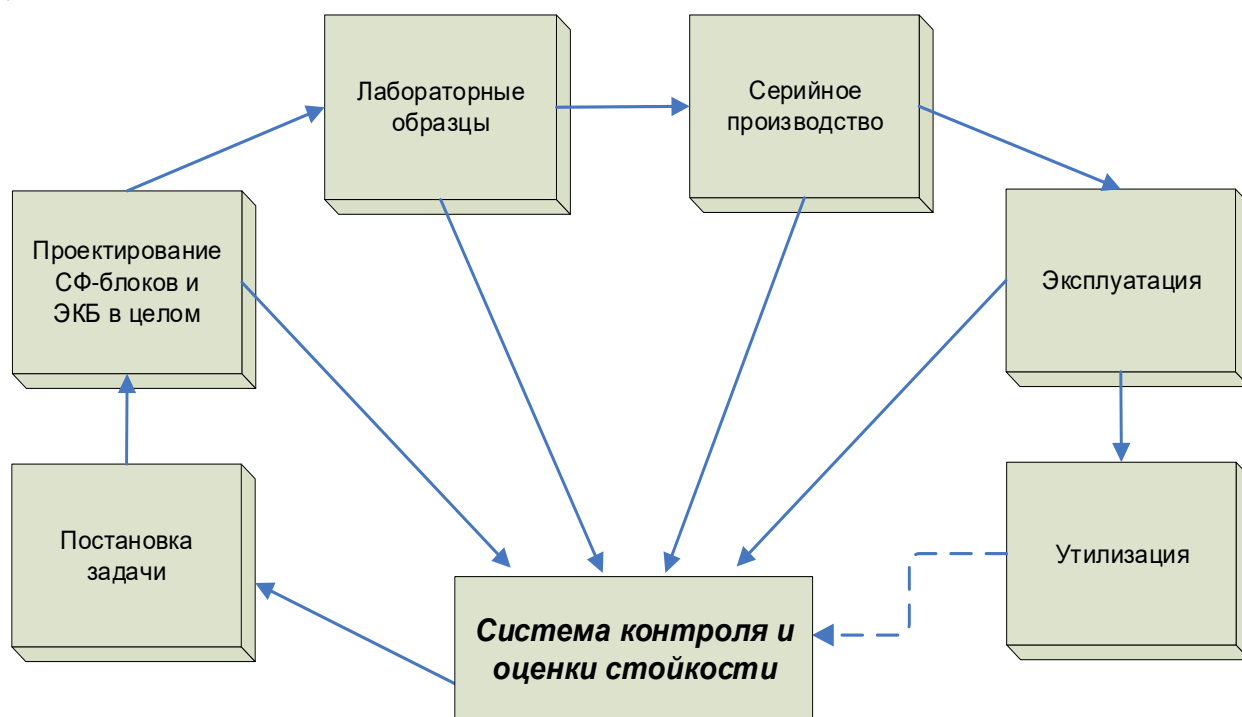


Рисунок 4 – Система контроля и оценки стойкости ЭКБ на этапах жизненного цикла

Такой подход позволит своевременно выявлять элементы разрабатываемой ЭКБ двойного назначения, которые будут ограничивать уровень стойкости изделия в целом.

При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и

процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the

process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of

systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Е.А. Гасанбекова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, М.И. Колесников¹,
В.А. Попов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются физические основы локальных радиационных эффектов в электронной компонентной базе от воздействия ионизирующего излучения космического пространства. Выполнена оценка стойкости электронной компонентной базы на этапе проектирования. Рассмотрены особенности оценки стойкости электронной компонентной базы на этапе освоения производства.

Ключевые слова: внешние воздействующие факторы космического пространства, ионизирующее излучение, локальные радиационные эффекты, электронная компонентная база, оценка стойкости изделия.

ASSESSMENT OF THE STABILITY OF THE ELECTRONIC COMPONENT BASE

Е.А. Hasanbekova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, M.I. Kolesnikov¹,
V.A. Popov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the physical basis of local radiation effects in the electronic component base from exposure to ionizing radiation from space. The stability of the electronic component base was assessed at the design stage. The features of assessing the durability of the electronic component base at the stage of production development are considered.

Key words: external influencing factors of outer space, ionizing radiation, local radiation effects, electronic component base, product durability assessment.

Рассмотрим физические основы локальных радиационных эффектов в от воздействия в электронной компонентной базе (ЭКБ) от воздействия ионизирующего излучения (ИИ) космического пространства (КП). Объектом исследования является ЭКБ различного функционального назначения. Предмет исследования – зависимость деградации параметров электронной компонентной базы от видов и уровня воздействия характеристик космического пространства.

Информационная база исследования представлена источниками научной и технической литературы, учебно-методическими разработками, государственными стандартами, Интернет-ресурсами.

На рисунке 1 проиллюстрирован процесс возникновения сбоя в ячейке памяти. Процесс возникновения одиночных сбоев (ОС) в полупроводниковой ЭКБ, в результате попадания заряженной частицы, представлен на рисунке 2.

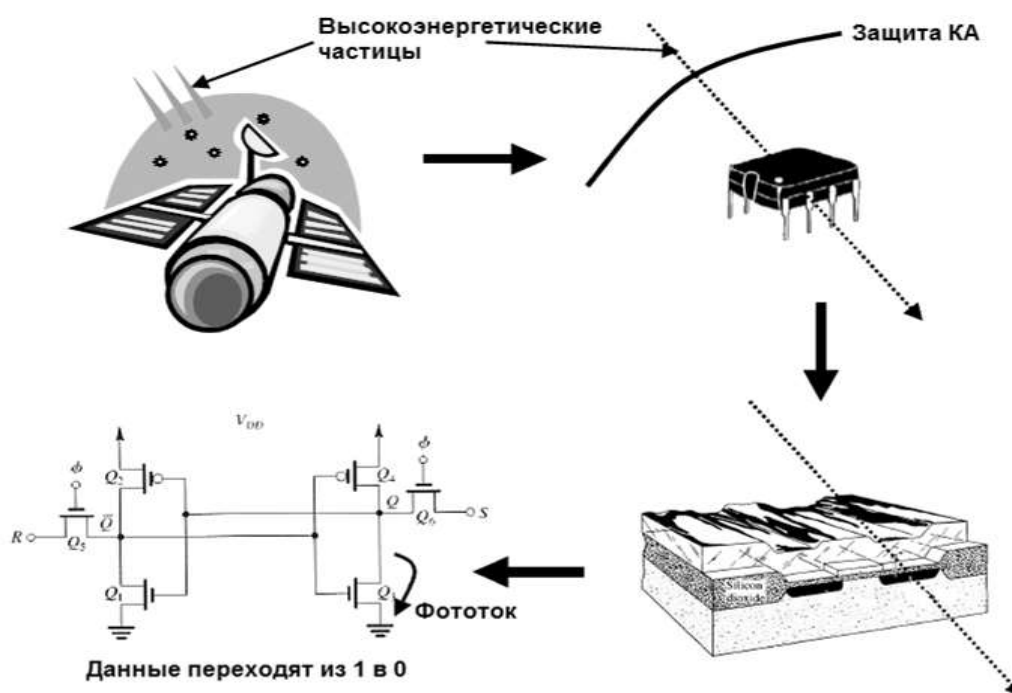


Рисунок 1 – Иллюстрация процесса возникновения сбоя в ячейке памяти

На рисунке 3 представлено образование электронно-дырочных пар вдоль трека пролета высокоэнергетичной заряженной частицы через активную область кристалла полупроводникового элемента, которые в последствии образуют ионизационные токи.

Произведем оценку стойкости ЭКБ на этапе проектирования. Применим методику оценки стойкости ЭКБ в системе автоматизированного проектирова-

ния (САПР) изделий электронной техники (ИЭТ) при ионизирующем воздействии, которая осуществляется с применением моделирования на ранних стадиях проектирования. Этот метод предполагает расчет, который осуществляется на 3 уровнях. Первый уровень представляет собой моделирование на системном уровне, второй – функционально-логическое моделирование и третий – схемотехническое моделирование (рисунок 4).

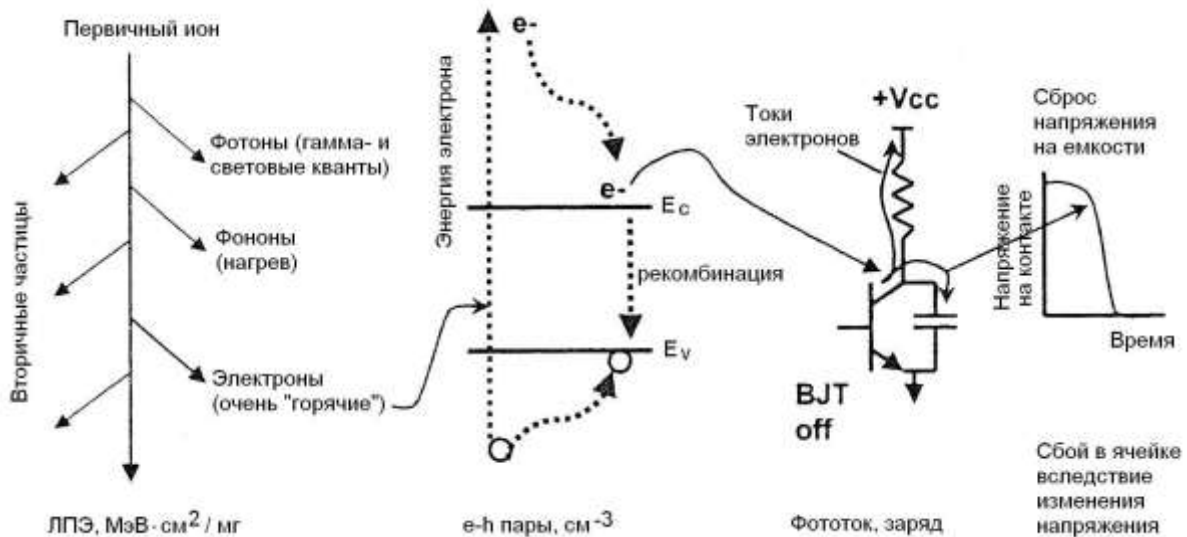


Рисунок 2 – Процесс возникновения ОС, вызванный попаданием высокоэнергетических частиц в кристалл полупроводникового элемента

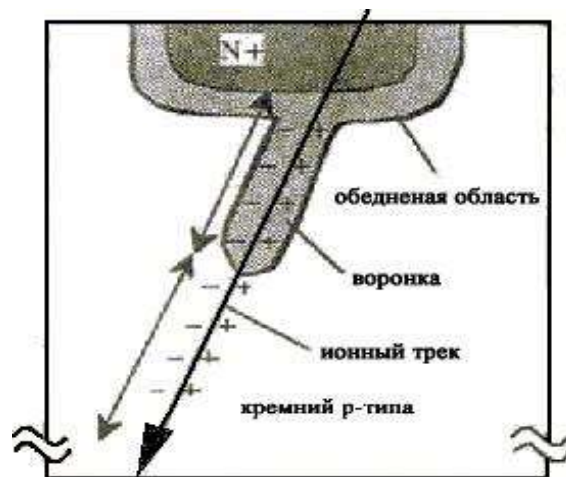


Рисунок 3 – Образование электронно-дырочных пар при попадании частицы в область p-n-перехода

Рассмотрим особенности оценки стойкости ЭКБ на этапе освоения производства. На этапе освоения производства и исследовании опытных образцов проектируемой ЭКБ оценка стойкости проводится экспериментальным методом

непосредственно на моделирующих или имитирующих установках, а также расчетно-экспериментальные методы оценки стойкости готового изделия в реальных условиях.

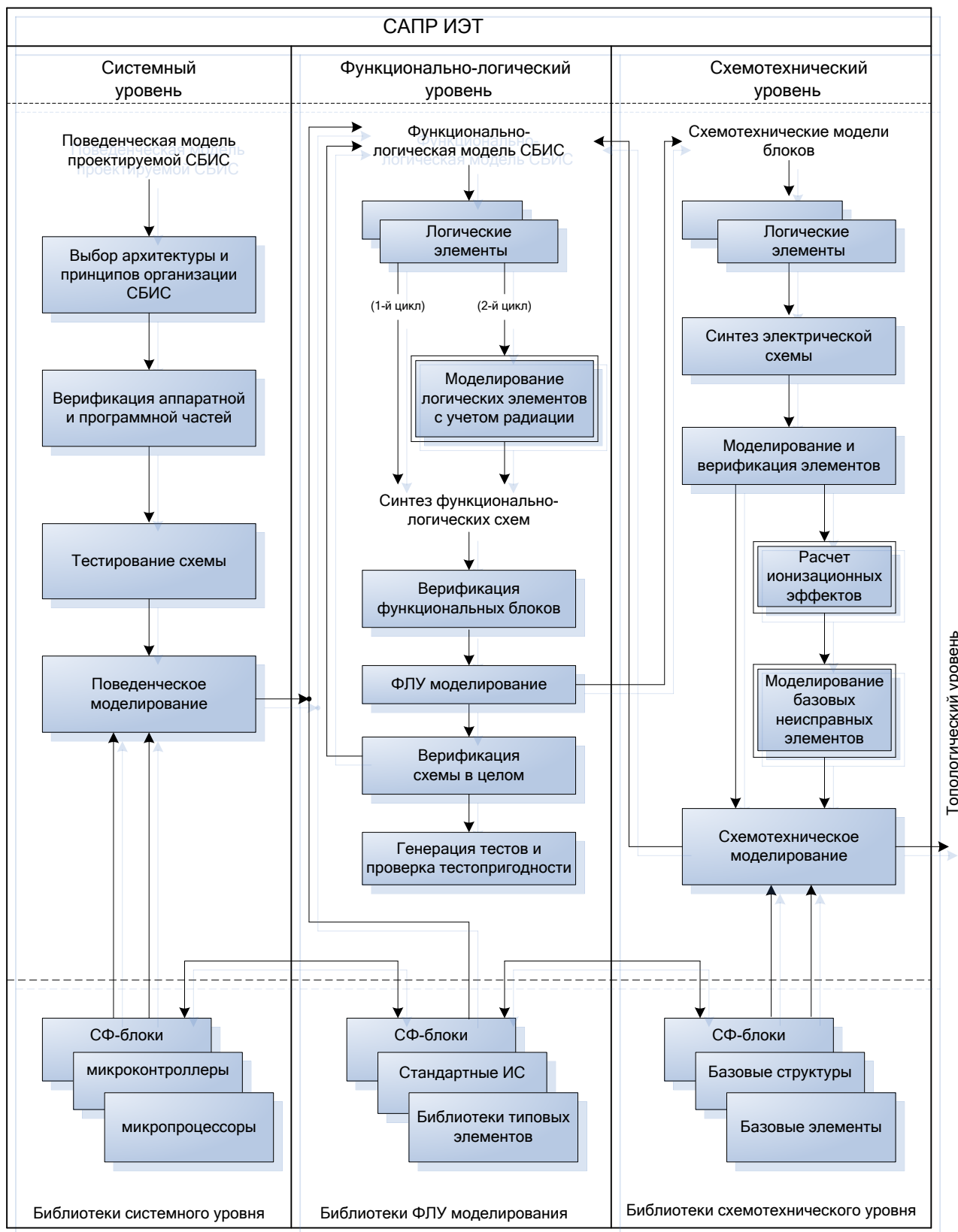


Рисунок 4 – Маршрут моделирования оценки стойкости полупроводниковой ЭКБ на всех стадиях проектирования

Основными проблемами оценки показателей стойкости к воздействию тяжелых заряженных частиц в комплексе государственных стандартов (КГС) «Климат-7» являются:

- возможность экспериментально оценить стойкость современных микросхем, в которых используются сложные корпуса и большое количество слоев металлизации иногда больше 10;
- различные методы обработки результатов испытаний, позволяющие оценить стойкость ЭКБ экспериментально;
- определить стойкость ЭКБ применительно к различными орбитам и типу используемой аппаратуры.

Испытания ЭКБ на стойкость к воздействию ионизирующих излучений космического пространства по одиночным эффектам должны проводиться на активной поверхности кристалле ИМС (чувствительная область или «открытый» кристалл), что предполагает:

- исключение влияния корпуса на изменение характеристик ионизирующих излучений;
- обеспечение требуемого (более 30 мкм) пробега в теле кристалла при использовании тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ) для обеспечения максимального значения линейных потерь энергии.

Эти требования обусловлены тем, что для проведения радиационных испытаний используются такие установки, на которых пробеги ионов недостаточны, для того чтобы проникнуть сквозь корпус ЭКБ или слои металлизации и достичь чувствительной области кристалла ИМС. Нормативная документация (НД), регламентирующая испытания приведена в отечественных РД, а также зарубежных стандартах. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFNH.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А.

И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТОЙКИХ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Д.А. Горбач¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, С.А. Яковлев¹, В.А. Фиронов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье выполнен анализ низко-интенсивных излучений и эффекты радиационного оздеияствия в микросхемах. Рассматриваются внешние воздействующие факторы космического пространства. Результаты воздействия тяжелых заряженных частиц отображены графически. Выполнено моделирование неисправностей СБИС при воздействии низко-интенсивного излучения. Приведены графики деградации параметров транзистора и деградации подвижностей.

Ключевые слова: электронная компонентная база, автоматизированное проектирование, низко-интенсивное излучение, микросхемы, радиационной стойкости электронных систем.

COMPUTER-AIDED DESIGN OF RADIATION-RESISTANT ELECTRONIC COMPONENT BASE PRODUCTS

D.A. Gorbach¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, S.A. Yakovlev¹, V.A. Fironov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article analyzes low-intensity radiation and the effects of radiation exposure in microcircuits. The external influencing factors of outer space are considered. The results of exposure to heavy charged particles are displayed graphically. VLSI malfunctions have been simulated when exposed to low-intensity radiation. Graphs of degradation of transistor parameters and degradation of mobility are presented.

Key words: electronic component base, computer-aided design, low-intensity radiation, microcircuits, radiation resistance of electronic systems.

Разрозненные высокоэнергетические ядерные частицы влияют на аккумуляцию дозы ионизирующего излучения (ИИ), которое вызывает единичные сбои и параметрические отказы полупроводниковых приборов (ПП) и интегральных схем (ИС).

Космические аппараты снабжают связь и создают условия для навигации и в продолжительных полетах за пределы орбиты Земли в космос, поэтому для них существенно важно сопротивляться продолжительному воздействию низкоинтенсивного ионизирующего излучения.

Электризация диэлектрических защитных и термоизолирующих покрытий получается вследствие воздействия космической плазмы. Непринужденный отказ или сбой в работе прибора получается из-за накопления напряженного заряда, что приводит к внутреннему местному электростатическому выходу из строя. При выходе из строя возникает электромагнитное поле, которое вызывает вероятные побочные эффекты.

Невесомость, характеризующаяся невозможностью конвекции тепла, снижает качество теплового режима работы радиотехнических и электронных аппаратов (РЭА).

Невозможность использования земельной шины (наличие замкнутости пространства) приводит к колебательному процессу общего потенциала, протекание же статистических токов по поверхности космического аппарата (КА) – причина дополнительных помех.

Паническое слово «радиация» создавало броуновское движение человеческих масс на многих континентах. Ее воздействие на живые организмы на Земле трудно поддается прогнозам. Не менее пагубное влияние оказывается и на приборы различной модификации, исполнения и применения. Диэлектрические составляющие микросхем, испытывающие разрушительные влияния радиации теряют возможность воспроизводства параметров микроэлектроники. Анализ теоретических и экспериментальных исследований при проектировании радиационно-стойких микросхем – более сложен и требует более углубленного подхода в данном направлении.

Многочисленные непредсказуемые трудности, которые преподносят хрупкому человеческому мирозданию ближний и дальний космос, невозможно перечислить и просчитать. Применяя всевозможные прикладные науки, изыскивают возможности вариативности состояния приборов в микроэлектронике. Анализ теоретических исследований позволяет предусмотреть и повысить сбоеустойчи-

вость оборудования, используемого в освоении космического пространства, позволяет рассмотреть задачи изучения воздействия на бортовую аппаратуру ионизирующего излучения космического пространства.

В результате процесса накопления в диэлектрических структурах радиационного индуцированного заряда (радиационные поверхностные эффекты) происходит изменение и в какой-то степени ухудшение электрических и рабочих величин. Эти зависимости являются основными радиационными эффектами КМОП и БИС. Сложившаяся ситуация требует существенных исследований в радиационной стойкости электронных систем. На рисунке 1 изображен график, отображающий результаты воздействия тяжелых заряженных частиц.

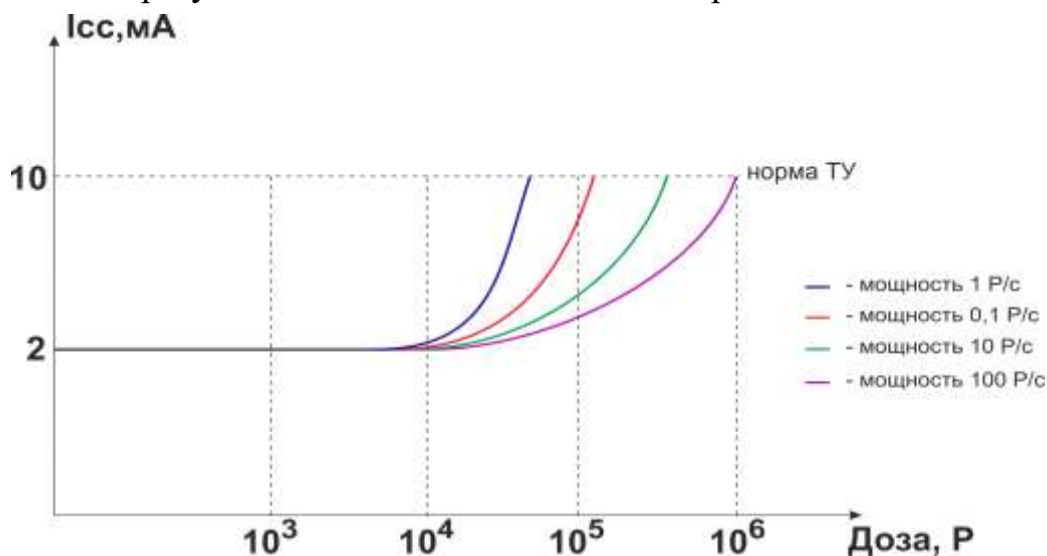


Рисунок 1 – Результаты воздействия тяжелых заряженных частиц

Расчет изменений схематических параметров в результате воздействия низкоинтенсивного излучения производят с учетом временного отжига дефектов. Зависимость этого излучения будет различной при разных соотношениях временных и «истинных» эффектов.

Развитие космонавтики способствует появлению и становлению новых передовых отраслей науки. Прогресс человечества невозможен без постоянной эволюции жизнедеятельности новаторских поисков, научных достижений. Инновационный подход дальнейшего изучения космоса заставил соединить в крайне малых объемах – микросхема, приборы микроэлектроники различных принципов с точки зрения физики.

Моделирование неисправностей СБИС под действием низко-интенсивного излучения осуществляется по следующему алгоритму (рисунок 2).

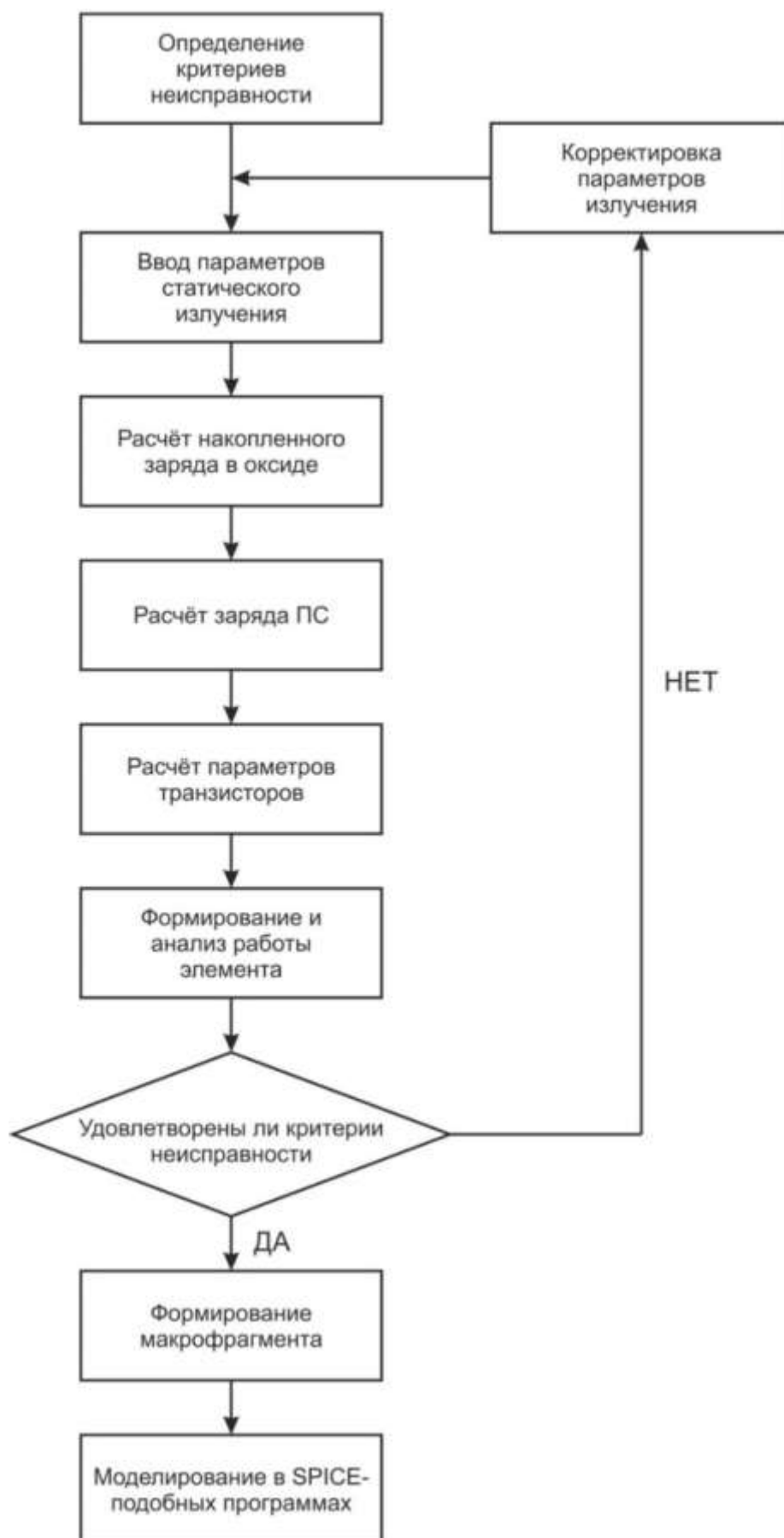


Рисунок 2 – Моделирование неисправностей СБИС при воздействии низко-интенсивного излучения

Под воздействием низко-интенсивного излучения происходит деградация параметров транзистора (рисунки 3 и 4), изменяются подвижность носителей заряда и пороговое напряжение. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

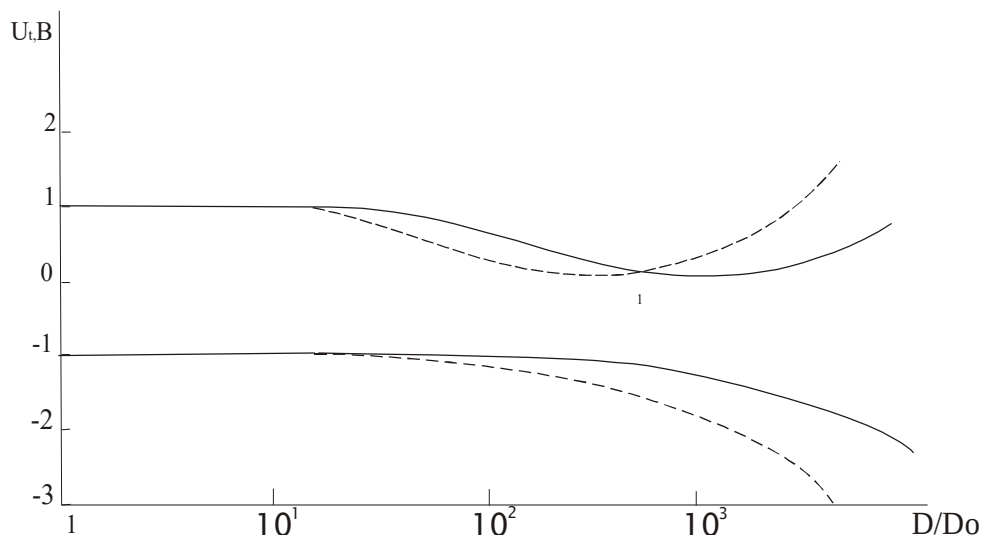


Рисунок 3 – Деградация параметров транзистора

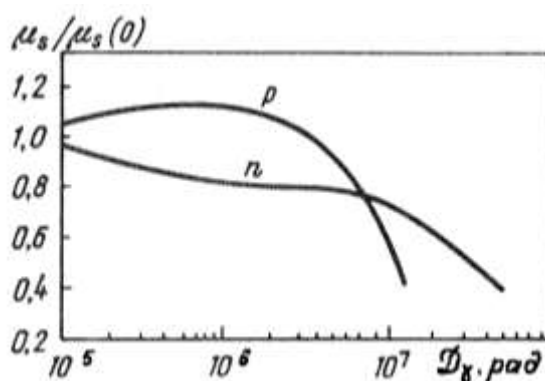


Рисунок 4 – Деградация подвижностей

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFNH.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А.

И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ МИКРОСХЕМЫ 1273НВ014 ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

Д.А. Горбач¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются результаты испытаний микросхемы 1273НВ014. Целью испытаний является оценка соответствия микросхем 1273НВ014 требованиям по стойкости к воздействию специальных факторов по ГОСТ РВ 29.39.414.2-98 и определение характера изменения параметров микросхем при воздействии специальных факторов.

Ключевые слова: микросхема 1273НВ014, испытания микросхемы, воздействие специальных факторов, стойкость, нормативные документы.

TEST RESULTS OF THE 1273NB014 MICROCIRCUIT UNDER THE INFLUENCE OF SPECIAL FACTORS

D.A. Gorbach¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the test results of the 1273NV014 microcircuit. The purpose of the tests is to assess the compliance of 1273NV014 microcircuits with the requirements for resistance to special factors according to GOST RV 29.39.414.2-98 and to determine the nature of changes in the parameters of the microcircuits when exposed to special factors.

Key words: microcircuit 1273NB014, microcircuit testing, exposure to special factors, durability, regulatory documents.

Объектом испытаний является микросхема 1273НВ014, которая представляет собой радиационно-стойкий 16-разрядный высокоскоростной аналого-цифровой преобразователь с двойной коррелированной выборкой и максимальной частотой преобразования до 150 МГц. Микросхема предназначена для применения

в аппаратуре радио и проводной связи, систем радиолокации, систем обработки видеоизображений, бортовых системах обнаружения целей, наведения на цель.

Предприятие-изготовитель – ОАО «СКТБ ЭС» (г. Воронеж). Технология изготовления кристалла – КМОП-КНИ-0,18. Материал активного элемента – кремний. Микросхема выполнена в 100-выводном металлокерамическом корпусе с четырехсторонним расположением выводов типа 4247.100-1. Количество испытанных образцов микросхем – 20 шт. (две выборки по 10 шт. каждая).

Целью испытаний является оценка соответствия микросхем 1273НВ014 требованиям по стойкости к воздействию специальных факторов 7.И, 7.С, 7.К с характеристиками 7.И₁, 7.И₆, 7.И₈, 7.С₁, 7.С₄, 7.К₁, 7.К₄ по ГОСТ РВ 29.39.414.2-98, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19» и определение характера изменения параметров микросхем при воздействии специальных факторов.

Требования по стойкости к воздействию специальных факторов. Микросхемы 1273НВ014 должны выполнять свои функции и сохранять значения параметров в пределах норм, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19» во время и после воздействия специальных факторов, виды, характеристики и значение характеристик должны соответствовать ГОСТ РВ 20.39.414.2-98.

В ходе ОКР проводится расчетно-экспериментальная оценка уровней стойкости к воздействию фактора 7.С с характеристиками 7.С₁, 7.С₄.

Время потери работоспособности при воздействии фактора 7.И (характеристика 7.И₆) определяют в ходе ОКР, но должно быть не более 2 мс.

Оценку соответствия требованиям стойкости к воздействию фактора 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ по дозовым эффектам проводят с учетом влияния низкой интенсивности излучения.

В ходе предварительных испытаний определяют основные информативные зависимости параметров-критериев годности от значений характеристик специальных факторов, исследуют зависимости уровней стойкости и сбоеустойчивости изделий к воздействию специальных факторов от режимов (электрических, функциональных) и условий работы с последующим включением полученных результатов в справочный раздел технических условий.

Нормы испытаний следующие. Фактор 7.И с характеристиками: 7.И_{6н.и.} – $2,1 \times 4U_c$; 7.И_{8н.и.} – $1,0 \times 1U_c$; 7.И_{7н.и.} – $6,5 \times 4U_c$.

Испытания проводили на моделирующих установках ФГУП «НИИП» г. Лыткарино. Испытания микросхем 1273НВ014 проводили в соответствии с программой-методикой рег.№ 57-03/574-13/16, ГОСТ РВ 20.57.415-98, ОСТ В 11

0998-99, РД В 319.03.31-99, ТЗ на ОКР «Цифра-19» и методами ГОСТ РВ 5962.004.10-2012, ГОСТ РВ 20.57.416-98.

Испытания микросхем на стойкость к воздействию фактора 7.И с характеристиками 7.И₆(7.И₈) проводили по методу 1000-2 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012 с использованием установок №5 и №10 в нормальных условиях и при верхнем значении температуры корпуса микросхемы.

Контроль температуры на корпусе микросхемы проводили по методу 201-2.1 ГОСТ РВ 20.57.416-98 термопарой хромель-капель с использованием микропроцессорного терморегулятора ТРМ101 фирмы «ОВЕН», Россия.

В процессе испытаний определяли уровень бессбойной работы (УБР) по фактору 7.И₆, время потери работоспособности (ВПР) во время и непосредственно после воздействия фактора с характеристикой 7.И₆, уровень тиристорного эффекта (при его наличии), а также отсутствие катастрофических отказов.

Испытания микросхем на стойкость к воздействию факторов с характеристикой 7.И₇ (7.С₄, 7.К₁, 7.К₄) по ионизационной составляющей проводили по методу 1000-4 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012 с использованием моделирующей установки №200 в нормальных условиях, на двух образцах при температуре плюс 85±2 °С и на двух образцах при температуре минус 60±3 °С (ГОСТ РВ 20.57.416-98).

Моделирование воздействия фактора 7.К с характеристиками 7.К₁, 7.К₄ проводили на установке №200 (замена воздействия фактора 7.К₁, 7.К₄ воздействием фактора с характеристикой 7.С₄), что допускается согласно п.8.11 ГОСТ РВ 20.57.415-98 и п.4.2 РД В 319.03.31-99.

Испытания микросхем к воздействию факторов с характеристиками 7.И₁, 7.С₁ не проводили на основании «Решения Департамента вооружения Минобороны России» от 07.02.2013 г. и в соответствии с п.4.11 ГОСТ РВ 5962.004.10-2012, так как микросхема 1273НВ014 выполнена по технологии КМОП-КНИ-018 и значение требований стойкости микросхем к воздействию специальных факторов, установленных в ТЗ на ОКР «Цифра-19», составляет 4У_с.

При расчете норм испытаний, в соответствии с Приложением А РД В 319.03.31-99, коэффициент увеличения радиационной нагрузки для характеристики 7.И₆ (10 образцов) принимается равным 1,4, для характеристики 7.И₇(20 образцов) принимается равным 1,1 (для нормального закона распределения при коэффициенте вариации 0,25, вероятностью 0,95 и степени доверия 0,9).

Измерение параметров микросхем при воздействии факторов с характеристиками 7.И₆, 7.И₇ проводили дистанционно при длине измерительных линий 9-20 м с использованием испытательного модуля 1273NV014S1.

По согласованию С ФГУП «МНИИРИП» ОАО «СКТБ ЭС» провело «Уточнение нормы на параметры для существующих условий проведения испытаний микросхем 1273HB014 на стойкость к воздействию специальных факторов 7.И, 7.С, 7.К». Диагностика работоспособности микросхем в процессе испытаний проводилась с использованием испытательного модуля 1273NV014S1, который представило ОАО «СКТБ ЭС».

В процессе испытаний контролировались статические параметры U_{OL} , U_{OH} средствами контроля модуля 1273HB014S1, токи потребления, динамические параметры E_{L01} , E_{LD} , SNR, SFDR с помощью измерительного комплекса National Instruments.

При контроле блока аналого-цифрового преобразования выходные сигналы, как результат аналого-цифрового преобразования, поступают на вход модулей National Instruments. В результате массива полученных данных аналого-цифрового преобразования с применением быстрого преобразования Фурье вычисляются значения интегральной нелинейности E_{L01} , дифференциальной нелинейности E_{LD} и динамические характеристики SNR и SFDR испытываемой микросхемы.

С помощью измерительного комплекса National Instruments замеры параметров осуществляются следующим образом: сначала включается сигнал LVDS и измеряем U_{OD} , I_{CCA} , I_{CCD} , I_{CCDR} , I_{CCD_CLK} ; затем осуществляется переход на сигнал CMOS и измеряются параметры: U_{OL} , U_{OH} , I_{CCA} , I_{CCD} , I_{CCDR} , I_{CCD_CLK} , E_{L01} , E_{LD} , SNR, SFDR и гистограмму 10%, 50%, 90% (на рисунках приложения А параметры E_{L01} , E_{LD} имеют обозначения как INL и DNL, соответственно).

Выходные напряжения высокого и низкого уровней контролировали поразрядно с помощью аналого-цифрового преобразования путем установки шин в состояние с высоким уровнем (это достигается подачей на вход испытуемого АЦП максимально допустимого входного аналогового напряжения), а затем и низким уровнем (при минимальном допустимом входном аналоговом напряжении на входе испытуемого АЦП).

ВПП и УБР по блоку АЦП фиксировали по состоянию выходных разрядов (D15-D0), при этом запускали аналогово-цифровое преобразование с заданной частотой на одной из точек шкалы – 10 %, 50 %, 90 %.

Расчет ВПП определяется от количества выборок сбоя N (нижнее окно).

Частота работы АЦП при испытаниях – 4 МГц, т.е. 1 выборка равна 0,25 мкс. Выборки фиксируются через две (остальное время уходит на программную

обработку данных). Таким образом, общее время между двумя выборками составляет $3 \times 0,25 = 0,75$ мкс. Далее количество выборок при сбое умножается на 0,75 мкс.

В связи с тем, что тактовая частота при испытаниях составила 4 МГц, а рабочая частота по ТЗ равна 150 МГц, рассчитанное ВПР будет в $150/4 = 37,5$ раза меньше.

Например: сбой составляет 100 000 выборок. Проводим вычисления: $100\,000 \times 0,75 = 75$ мс, далее $75/37,5 = 2$ мс. Следовательно, ВПР составило 2 мс.

При воздействии фактора 7.И с характеристикой 7.И₆ дополнительно дистанционно с помощью цифрового осциллографа провели контроль ВПР и УБР одного из старших разрядов АЦП (разряд D15) в режиме аналогово-цифрового преобразования с заданной частотой.

В связи с тем, что тактовая частота при испытаниях составила 4 МГц, а рабочая частота по ТЗ равна 150 МГц, зарегистрированное осциллографом ВПР будет в $150/4 = 37,5$ раза меньше.

Учет влияния низкоинтенсивного воздействия фактора 7.К с характеристиками 7.К₁ и 7.К₄ проводили в соответствии с существующими нормативами.

Контрольно-измерительная аппаратура, использованная при проведении испытаний: осциллограф TDS2014, №С043214; источник питания АТН-1032, №АС3273; вольтметр GDM-8145, №891; микропроцессорный терморегулятор ТРМ101 №05847050101048019; испытательный модуль 1273NV014S1 б/н, аттестат; модуль NI-PXIe-6562.

При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В.

Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLONG.

17. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on micro-circuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and

processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СЛОЖНЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Е.В. Грошева¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются современные микропроцессоры, имеющие мультиплексируемую шину адресов/данных, а также способы их верификации. Приведены способы верификации. В качестве результата каждого проектирования рассмотрена модель на определенном уровне абстракции. Рассмотрен процесс тестирования микропроцессора. Исследован процесс моделирование работы сложных цифровых систем. Рассмотрена последовательность восходящего и нисходящего проектирования.

Ключевые слова: моделирование, современные микропроцессоры, верификация, тестирование микропроцессора, восходящее и нисходящее проектирование.

MODELING THE OPERATION OF COMPLEX DIGITAL SYSTEMS

E.V. Grosheva¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses modern microprocessors with a multiplexed address/data spike, as well as ways to verify them. Verification methods are provided. As a result of each design, the model is considered at a certain level of abstraction. The microprocessor testing process is considered. The process of modeling the operation of complex digital systems is investigated. The sequence of upward and downward projection is considered.

Key words: modeling, modern microprocessors, verification, microprocessor testing, upstream and downstream design.

Рассмотрим структуру микропроцессорной системы (МПС) (рисунок 1).

Многие микропроцессоры имеют мультиплексируемую шину адресов/данных (рисунок 2). Результатом каждого проектирования является модель на определенном уровне абстракции (рисунок 3).

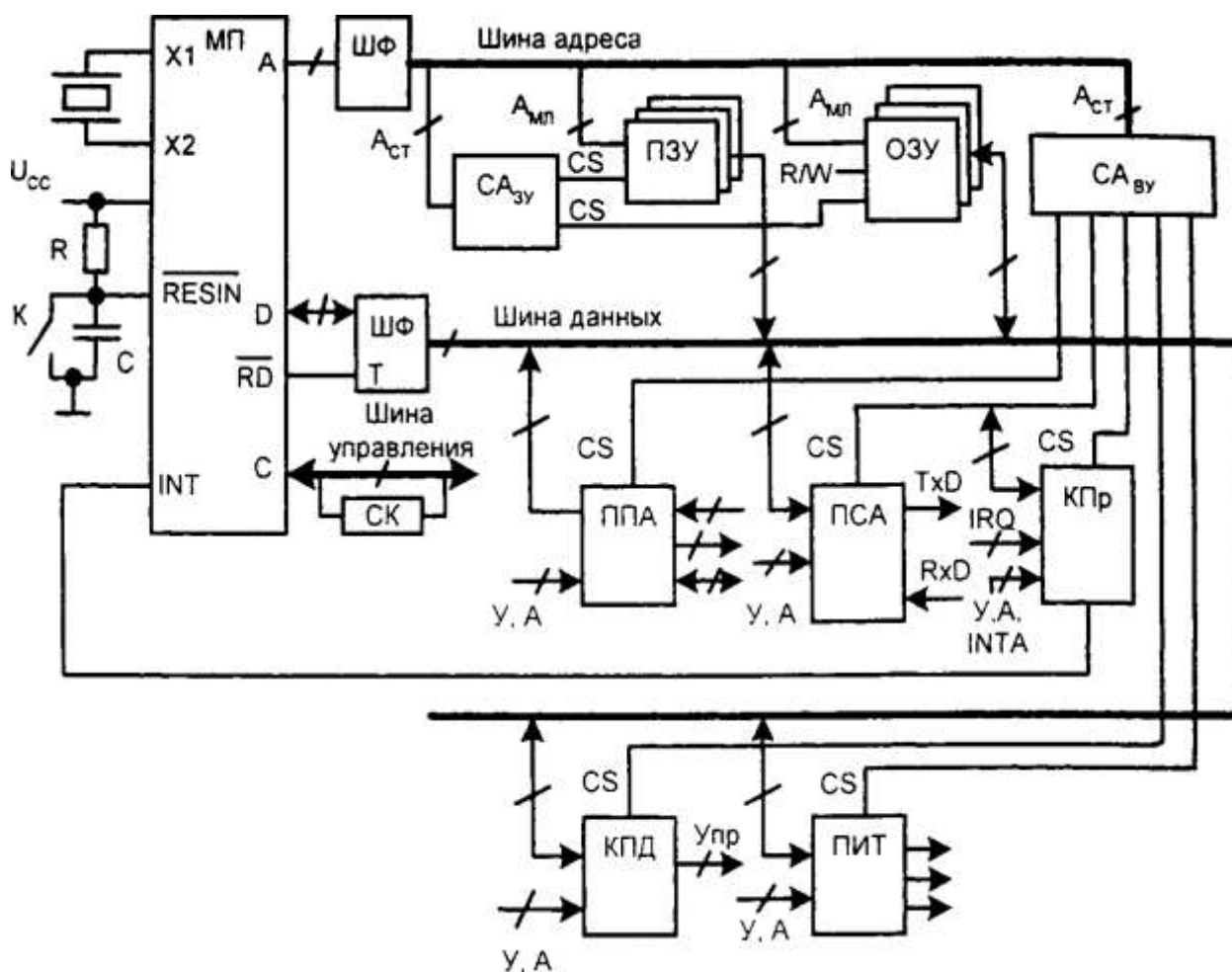


Рисунок 1 – Структура микропроцессорной системы

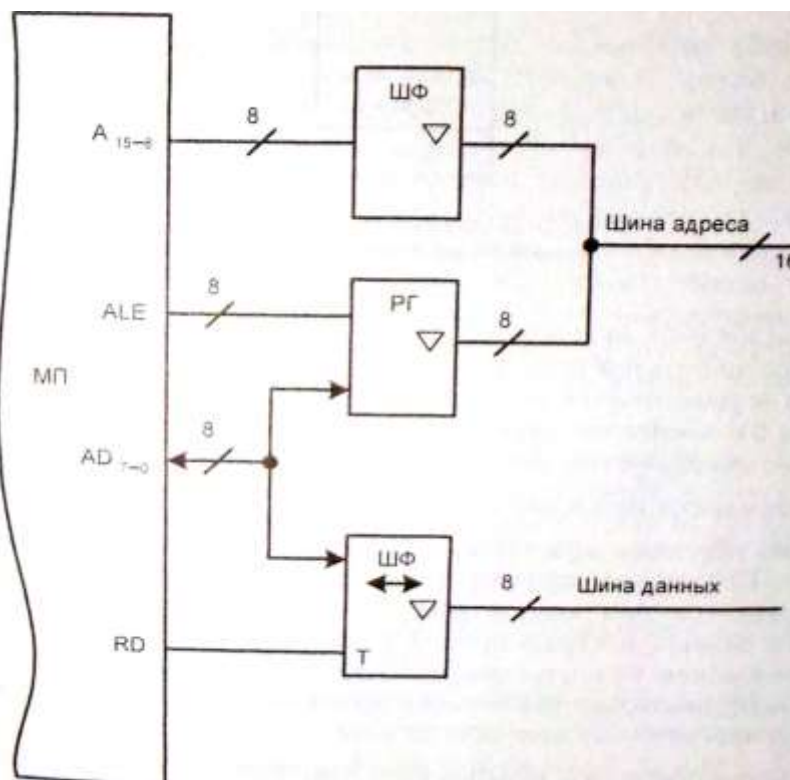


Рисунок 2 – Мультиплексирование шины адресов/данных

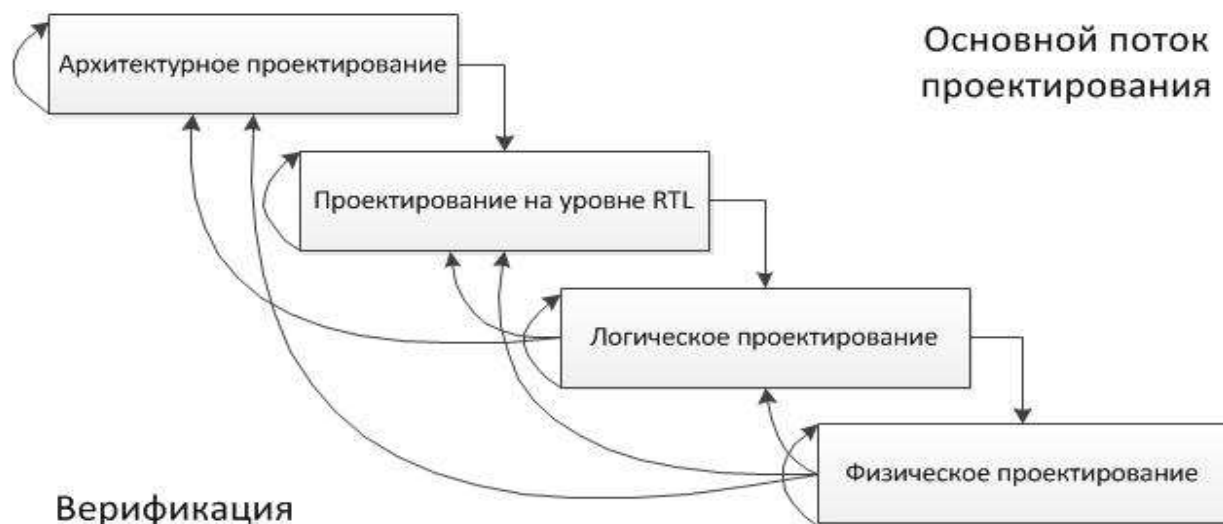


Рисунок 3 – Обобщенная схема процесса проектирования микропроцессора

Работа тестовой системы и тестируемого компонента происходит в симуляторе (рисунок 4).

С учетом разбиения тестирования на задачи обычно детализируют архитектуру тестовой системы, различая в ней такие компоненты, как генератор тестовой последовательности и тестовый оракул (рисунок 5).

Моделирование сложных цифровых систем является одним из способов анализа цель, которой оценка поведение схемы при заданном наборе входных сигналов. Применение в современных цифровых системах БИС и СБИС приводит к необходимости структурирования процесса проектирования, поэтому особое внимание уделяется созданию соответствующих инструментальных средств проектирования. Конкретным примером подобных инструментальных средств являются языки описания аппаратуры, CDL, ISP и AHPL.

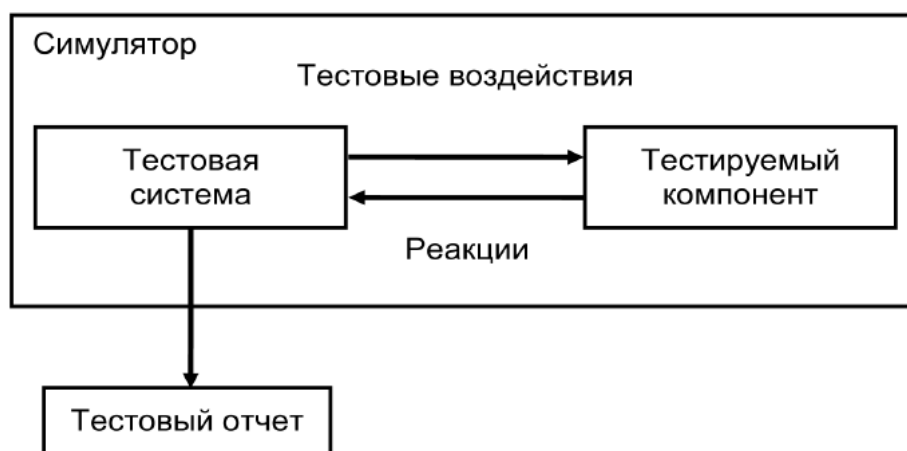


Рисунок 4 – Общая схема имитационного тестирования

Однако эти языки не позволяют создать адекватную модель с учетом временных параметров. Такие языки, как, например, NHDL, ISP и VHDL, предусматривают построение универсальных моделей с временными параметрами и не ориентированы на конкретные аппаратные структуры. Преимущество этих языков состоит в том, что они документируют проекты и осуществляют моделирование. Хорошая документация необходима для обеспечения транспортабельности проекта.

Цифровая БИС представляется тремя видами схем: укрупненной схемой (Э1), функциональной схемой (Э2), логической схемой (Э3) (рисунок 6).

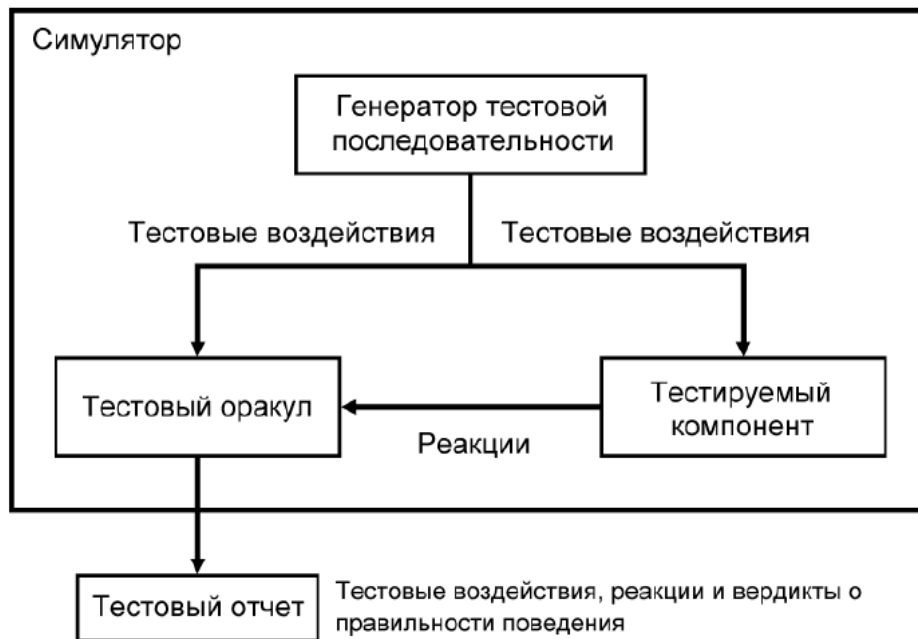


Рисунок 5 – Детализация архитектуры тестовой системы

Уровни проектирования	Алгоритмические модели	Структурные модели
Архитектурный	БИС	Э1
	БЛОК	
Функциональный	УЗЕЛ	Э2
Логический	ЯЧЕЙКА	Э3

Рисунок 6 – Виды схем БИС

В процедурах проектирования БИС широко используются ранее принятые унифицированные решения, закрепленные в библиотеках функциональных компонентов, например, сумматоров, мультиплексоров, регистров и т.п. (рисунок 7).



Рисунок 7 – Последовательность проектных процедур на маршруте проектирования СБИС

Рассмотрим последовательность проведения работ при функционально-логическом моделировании БИС на БМК согласно стратегии восходящего проектирования (рисунок 8).

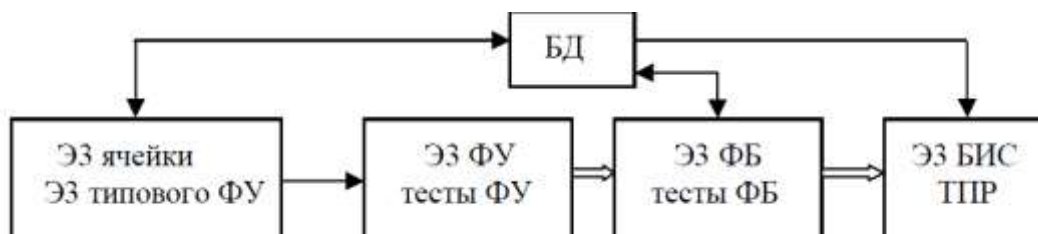


Рисунок 8 – Последовательность восходящего проектирования

При разработке сложных БИС в условиях полной неопределенности следует применять нисходящее проектирование, реализуемое в такой последовательности (рисунок 9). При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].



Рисунок 9 – Последовательность нисходящего проектирования

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.

5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes.

– 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.
13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.
14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ПРОЦЕССОРА С СИСТЕМОЙ КОМАНД TMS320C50

Е.В. Грошева¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹, Д.А. Ачкасов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается структурная схема процессора TMS320C50, пространство и конфигурация памяти. Выполнено описание регистров, расположенных в памяти, а также последовательного порта с временным мультиплексированием. Рассмотрена четырехканальная TDM схема.

Ключевые слова: современные микропроцессоры, процессор с системой команд tms320c50, память, последовательный порт с временным мультиплексированием, четырехканальная TDM схема.

DESCRIPTION OF THE PROCESSOR'S OPERATION WITH THE TMS320C50 COMMAND SYSTEM

E.V. Grosheva¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹, D.A. Achkasov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the block diagram of the TMS320C50 processor, memory space and configuration. The registers located in the memory, as well as the serial port with time multiplexing, are described. A four-channel TDM circuit is considered.

Key words: modern microprocessors, processor with tms320c50 instruction set, memory, serial port with time multiplexing, four-channel TDM circuit.

Структурная схема процессора TMS320C50 представлена на рисунке 1. На структурной схеме показаны принципиальные блоки и пути данных в семействе процессоров C5х.

Процессоры семейства C5х имеют внутреннюю память (память внутри кристалла) для повышения быстродействия и интеграции.

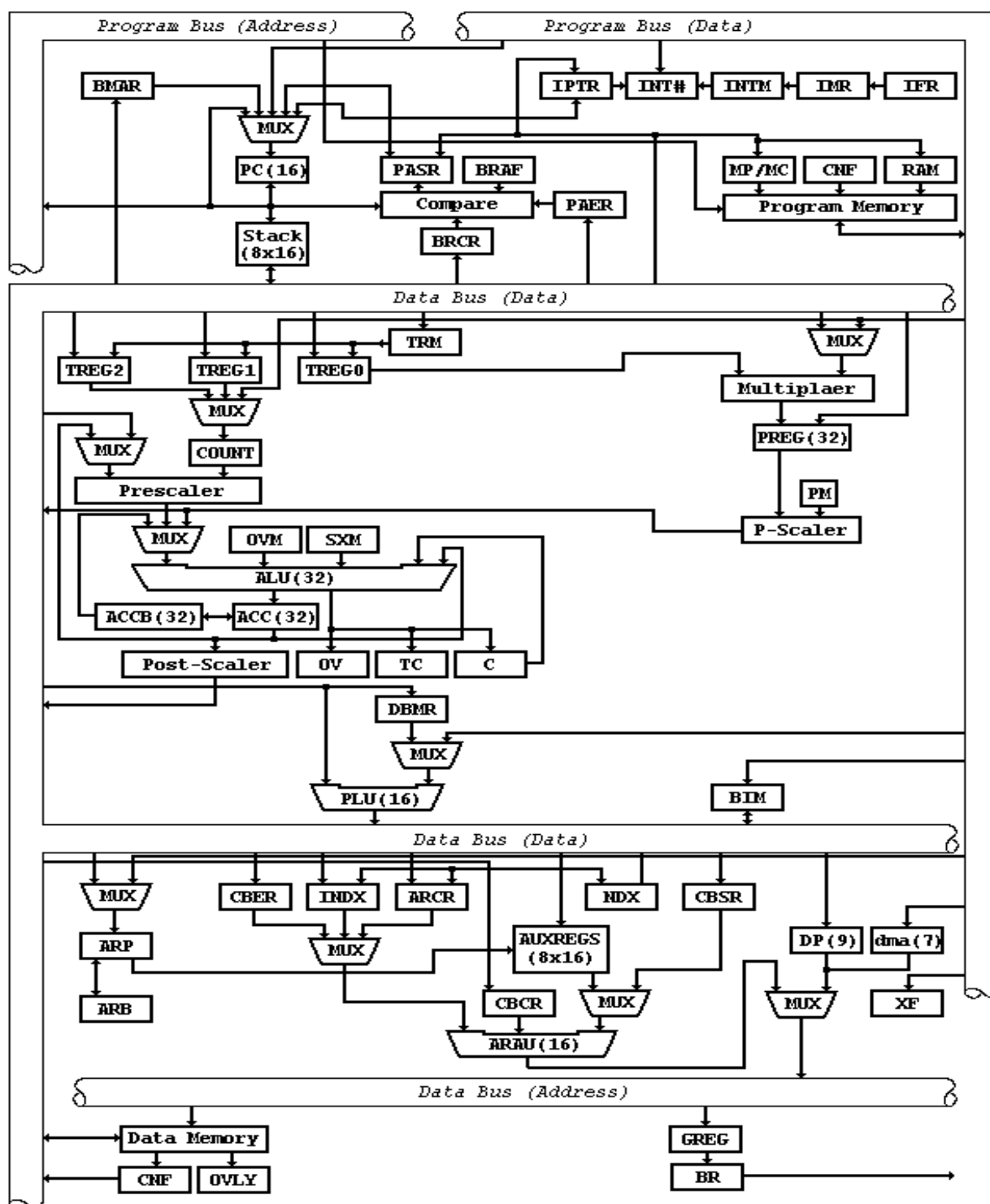


Рисунок 1 – Структурная схема

Кроме того, C50 содержит 2К слов загрузочного ПЗУ, 9К слов ОЗУ одинарного доступа для программ/данных (SARAM) и 1056 слов ОЗУ двойного доступа (DARAM).

Загрузочное ПЗУ располагается в адресном пространстве по адресу 0 и включает тест процессора и загрузочный код. ОЗУ одинарного доступа может быть отражено в адресное пространство программ и/или данных и располагается

по адресу 0800h. SARAM требует одного машинного цикла для каждой операции чтения/записи. В ОЗУ двойного доступа запись и чтение могут проводиться в одном цикле. 1056 слов DARAM сконфигурированы в 3 блока:

блок 0 (B0) – 512 слов располагается по адресам 0100h–02FFh в пространстве локальных данных и по адресам 0FE00h–0FFFFh в программном пространстве;

блок 1 (B1) – 512 слов – располагается по адресам 0300h–04FFh в пространстве локальных данных;

блок 2 (B2) – 32 слова – располагается с адреса 0060h в пространстве локальных данных.

Карта памяти для процессора C50 показана на рисунке 2.

Пространство памяти может быть переконфигурировано с помощью установки или сброса битов конфигурации RAM, MP/MC, OVLY в регистре PMST и бита CNF в регистре ST1.

64K слов локальной памяти данных включают расположенные в памяти регистры устройства. Эти регистры размещаются на 0-й странице памяти данных. Страница 0 имеет пять секций для регистровых банков:

- регистры ядра CPU (28 регистров), доступ к ним возможен без циклов ожидания и без передачи по шине данных;
- периферийные регистры – регистры данных и управления встроенными периферийными устройствами;
- зарезервированная область под регистры, используемые при тестировании и эмуляции;
- 16 параллельных портов ввода / вывода;
- область в 32 слова (блок B2 DARAM) для хранения временных переменных.

Устройства семейства TMS320C5x имеют встроенный быстродействующий синхронный дуплексный последовательный порт ввода/вывода (TDM). Этот порт способен выполнять операции с частотой до 1/4 частоты машинного такта (CLKOUT1).

Последовательный порт с временным мультиплексированием используется для связи с другими процессорами в мультипроцессорных приложениях.

Последовательный порт полностью статичный и может работать с любой низкой частотой, при этом максимальная частота $CLKOUT1/4 - F = 20$ МГц. Максимальная скорость передачи – 7,14 Мбит/с.

После сброса устройство находится в состоянии пониженного энергопотребления.

Последовательный порт с временным мультиплексированием позволяет связывать до семи TMS320C5x устройств по TDM порту и обеспечивает простой и эффективный интерфейс для многопроцессорных приложений. С помощью бита TDM в регистре управления TSPC порт может быть установлен в многопроцессорный (TDM =1) режим или в стандартный режим (TSM =0). Порт может быть отключен через XRST и RREST.

Программа		Программа		Данные	
0000h	Прерывания и резерв (внешняя память)	0000h	Прерывания и резерв (внутренняя память)	0000h	Расположенные в памяти регистры
002Fh	Внешняя память	002Fh	Внутреннее ПЗУ	005Fh	Внутреннее DARAM B2
0030h		0030h		0060h	
07FFh	Внутреннее SARAM (RAM=1) Внешняя память (RAM=0)	07FFh	Внутреннее SARAM (RAM=1) Внешняя память (RAM=0)	007Fh	Резерв
0800h		0800h		0080h	
2BFFh	Внешняя память	2BFFh	Внешняя память	00FFh	Внутреннее DARAM B0 (CNF=0) Резерв (CNF=0)
2C00h		2C00h		0100h	
FDFFh	Внутреннее DARAM B0 (CNF=1) Внешняя память (CNF=0)			02FFh	Внутреннее DARAM B1
FE00h				0300h	
FFFFh		FFFFh		04FFh	Резерв
				0500h	
				07FFh	Внутреннее SARAM (OVL Y=1) Внешняя память (OVL Y=0)
				0800h	
				2BFFh	Внешняя память
				2C00h	
				FFFFh	
MP/MC=1 (режим микропроцессора)		MP/MC=0 (режим микрокомпьютера)			

Рисунок 2 – Карта памяти TMS320C50

Последовательный порт с временным мультиплексированием позволяет передавать данные устройств в подканале основного канала, предоставляя им последовательно интервалы времени, в течение которого осуществляется передача данных. При этом весь интервал делится на под интервалы. Каждый под интервал в канале связи соответствует установленным настройкам. Рисунок 3 показывает четырех канальную TDM схему.

Первый отрезок отмечен как chan1 следующий chan2 и так далее. Chan 1 активен в течении первого интервала времени за который происходит передача,

и во время каждой последующей передачи, после chan 4. Остальные три канала чередуются во времени с chan1.

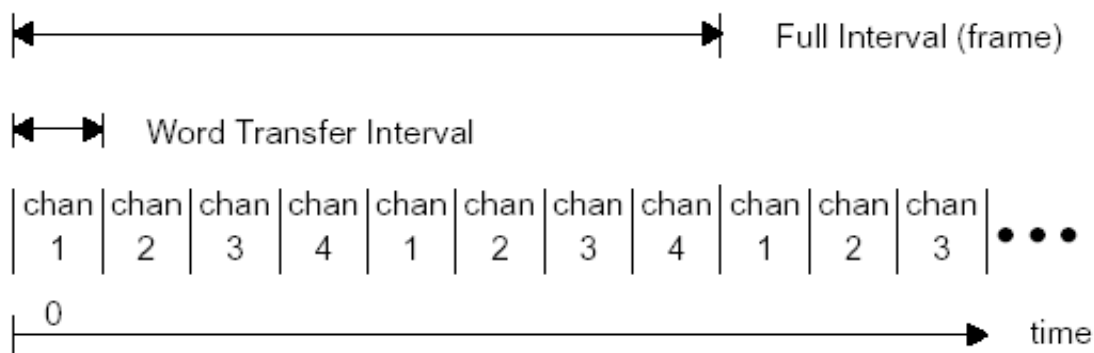


Рисунок 3 – Четырех канальная TDM схема

К последовательному порту TDM может подключаться, до восьми устройств. Каждое устройство может быть передатчиком, и каждое устройство может быть приемником в канале. Но передавать данные может только одно устройство. Это приводит к большой гибкости многопроцессорных систем. Последовательный порт TDM имеет шесть регистров, которые, находятся в памяти и могут контролироваться и два регистра (TRSR, TXSR) которые не доступны из программы, но используются в реализации. Ниже приведено описание регистров:

TRCV – 16 битный регистр приема. Хранит полученные данные.

TDXR – 16 битный регистра передачи. Записывает данные для передачи.

TSPC – 16 битный регистр управления. Он контролирует режимы работы серийного порта.

TCSR – 16 битный регистра выбора. В нем задается отрезок времени для передачи.

TRTA- 16 битный регистр приема/передачи адреса. В нем указывается восемь младших разрядов для того что бы получить адреса устройства C5x и восемь старших разрядов для того что бы передать адреса устройства C5x

TRAD -16 битный регистра адреса. Содержит различную информацию о статусе TDM адресной строке.

TRSR – 16 битный регистр приема данных со сдвигом. TRSR контролирует прием данных с устройств и предает их в TRCV.

TXSR 16 битный регистр передачи данных со сдвигом. TXSR контролирует передачу исходящих данных TDXR. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.
9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в

гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

15. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

16. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.
5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.
7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.
8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.
9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling

of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.

15. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.

16. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ В КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ МИКРОСХЕМАХ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Д.Б. Иванищенко¹, С.А. Сазонова¹, Салма Актер¹, А.И. Заревич¹, А.С. Грошев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Статья посвящена созданию радиационно-стойких библиотек элементов для криптографических микросхем, применяемых в космической аппаратуре. Рассмотрены основные этапы разработки, включая анализ внешней радиационной обстановки, выбор конструктивных решений и внедрение средств автоматизации проектирования. Подчеркивается важность комплексного подхода к повышению стойкости изделий.

Ключевые слова: библиотеки элементов, радиационная стойкость, криптографические микросхемы, информационная система.

SIMULATION OF RADIATION EFFECTS IN CRYPTOGRAPHIC CHIPS FOR SPACE APPLICATIONS

D.B. Ivanishchenko¹, S.A. Sazonova¹, Salma Akter¹, A.I. Zarevich¹, A.S. Groshev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This article focuses on the development of radiation-hardened libraries of elements for cryptographic microcircuits used in space equipment. The main stages of development are considered, including analysis of external radiation conditions, selection of structural solutions, and implementation of automated design tools. The importance of a comprehensive approach to improving the radiation resistance of devices is emphasized.

Keywords: libraries of elements, radiation resistance, cryptographic chips, information system.

Введение

Развитие технологий микроэлектроники привело к созданию сверхбольших интегральных схем (СБИС) с высокой степенью интеграции, которые широко применяются в различных областях, включая космическую технику. Однако эксплуатация таких устройств в условиях космоса сопряжена с рядом проблем, связанных с воздействием ионизирующего излучения.

Одним из наиболее опасных факторов являются одиночные события (ОС), вызываемые взаимодействием отдельных ядерных частиц с активными областями полупроводниковых структур. Эти эффекты могут привести к временным отказам или даже катастрофическим сбоям в работе микросхем. Особенно актуальна эта проблема для криптографических микросхем, где надежность и безопасность данных имеют первостепенное значение.

Для решения задачи повышения радиационной стойкости необходимо провести детальный анализ физических процессов, происходящих при воздействии тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ), а также разработать эффективные методы моделирования этих явлений на различных уровнях проектирования. В данной статье описываются основные принципы создания математических моделей и алгоритмов расчета параметров ОС, позволяющих спрогнозировать поведение микросхем в условиях космического излучения.

Физические основы одиночных событий

Одиночные события возникают вследствие взаимодействия одной ядерной частицы с чувствительным объемом элемента микросхемы. Главной характеристикой, определяющей вероятность возникновения ОС, является линейные потери энергии (ЛПЭ). Они зависят от энергии частицы, её типа и свойств материала микросхемы. При попадании частицы в активную область формируется локальный заряд, который может вызвать переключение элемента из одного состояния в другое.

На рисунке 1 показана типичная зависимость сечения одиночных событий от ЛПЭ. Как видно из графика, сечение возрастает с увеличением ЛПЭ до определенного предела, после которого достигается насыщение.

Математическая модель распределения заряда в треке частицы может быть представлена следующим уравнением:

$$Q(t) = \int_0^t I_{ion}(t') dt',$$

где $I_{ion}(t)$ — ионизационный ток, возникающий в результате взаимодействия частицы с материалом микросхемы.

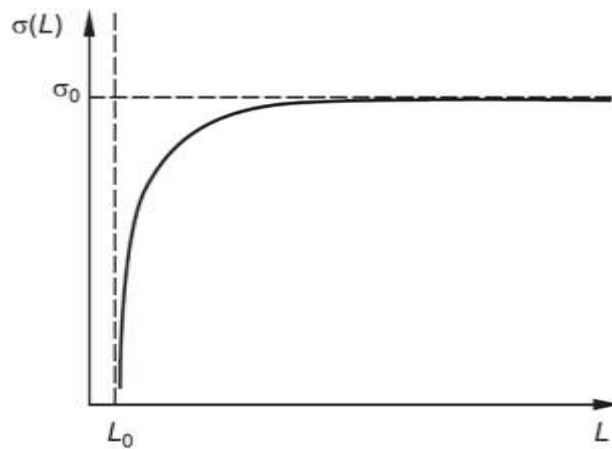


Рисунок 1 – Зависимость сечения одиночных событий σ от ЛПЭ L тяжелых заряженных частиц

Моделирование на функционально-логическом уровне

Моделирование на функционально-логическом уровне позволяет оценить влияние радиационных эффектов на работу микросхем без необходимости детального анализа каждого элемента. Для этого используются упрощенные модели "неисправных" элементов, которые учитывают изменение временных задержек при воздействии излучения.

Таблица 1 демонстрирует примерные значения временных задержек для различных уровней энергии ТЗЧ.

Таблица 1 – Зависимость временных задержек от энергии ТЗЧ

Энергия ТЗЧ, МэВ	Задержка, нс
10	5
20	10
30	15

Для реализации моделирования разработано специализированное программное обеспечение, которое включает несколько модулей: мониторинговый, расчетный и интерфейсный. Мониторинговый модуль координирует работу всех остальных компонентов системы, обеспечивая передачу данных между ними.

Расчетный модуль выполняет численное решение дифференциальных уравнений, описывающих физические процессы, а интерфейсный модуль предоставляет пользователю удобный способ управления системой.

На рисунке 2 представлена структура САПР сквозного проектирования микросхем космического назначения и место в ней данной подсистемы, а на рисунке 3 – структура подсистемы расчета стойкости СБИС к факторам КП, где предусмотрены программные модели расчета параметров ОС.

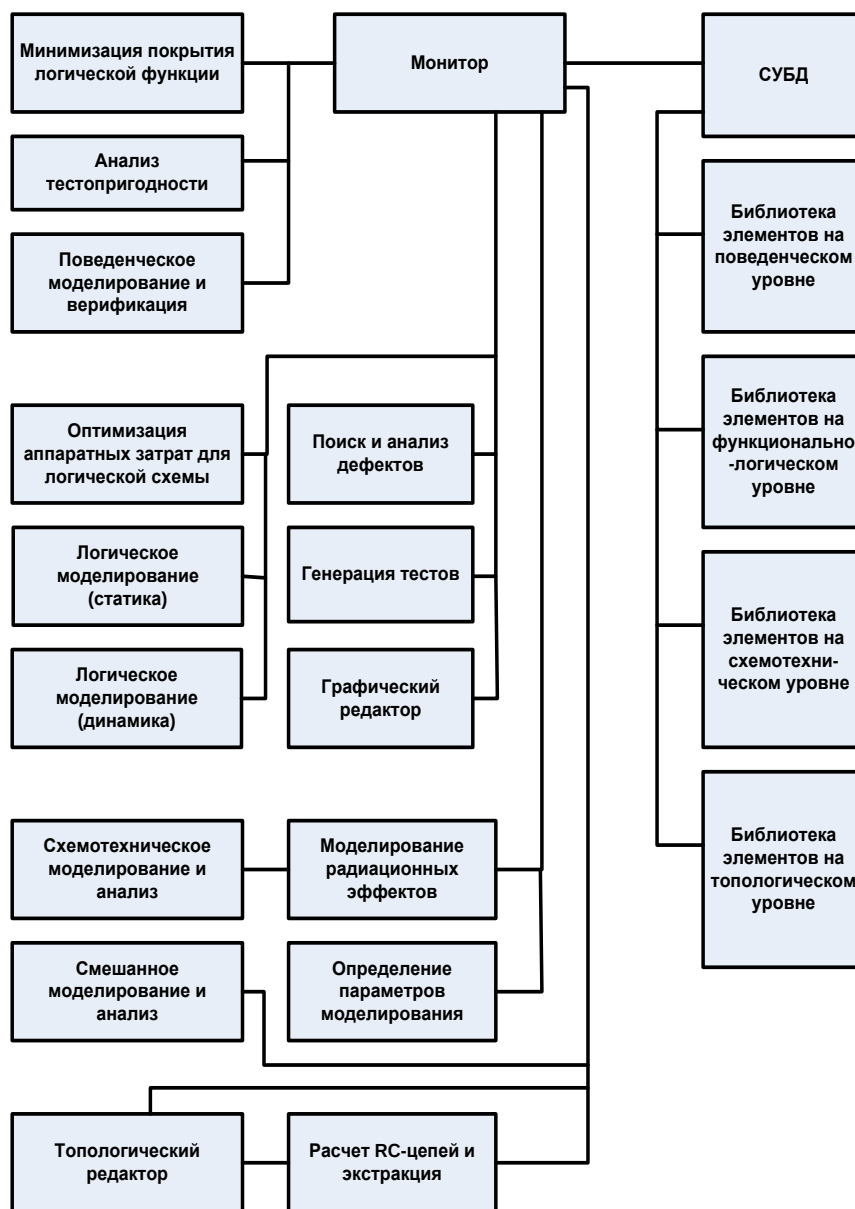


Рисунок 2 – Структура программных средств моделирования базовых элементов КМОП СБИС космического назначения

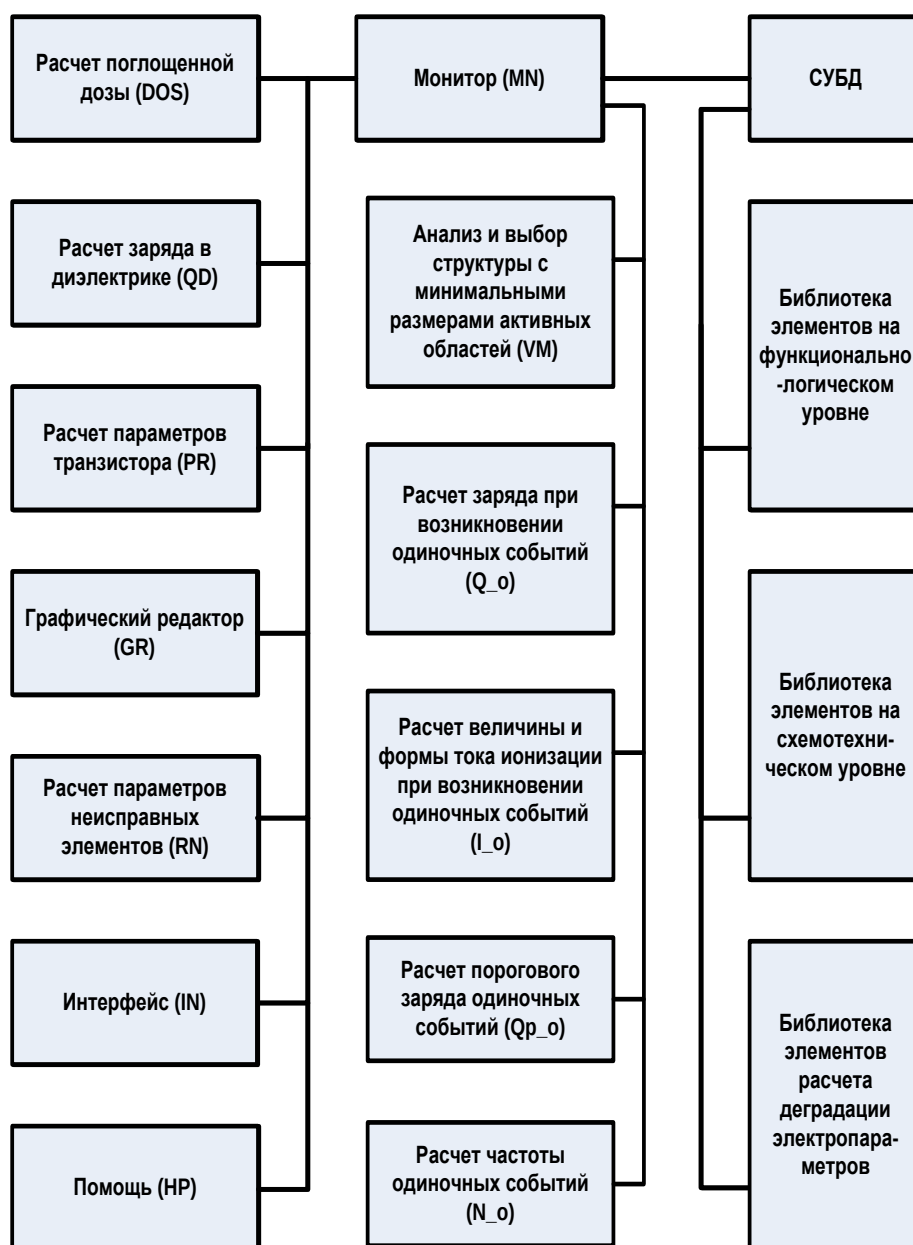


Рисунок 3 – Структура программного обеспечения расчета радиационных воздействий космического характера

Экспериментальные исследования подтвердили высокую точность предложенных моделей. Например, для микроконтроллера с адресуемой памятью $64K \times 8$ пороговое значение ЛПЭ по уровню бессбойной работы составило 30 МЭВ $\text{см}^2/\text{мг}$, что хорошо согласуется с теоретическими расчетами.

Заключение

Разработка методов моделирования радиационных эффектов в криптографических микросхемах является важной задачей для обеспечения их надежности в условиях космического излучения. Предложенные в статье подходы позволяют

эффективно оценивать вероятность возникновения одиночных событий и разрабатывать стратегии повышения радиационной стойкости. Дальнейшее развитие этих методов требует учета новых технологических решений и совершенствования существующих моделей.

Список литературы

1. Таперо, К. И. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения / К. И. Таперо, В. Н. Улимов, А. М. Членов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 304 с.
2. Таперо, К. И. Основы радиационной стойкости изделий электронной техники: радиационные эффекты в изделиях электронной техники: учеб. пособие / К. И. Таперо, С. И. Диденко. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2013. – 349 с.
3. Ионизирующие излучения космического пространства и их воздействие на бортовую аппаратуру космических аппаратов / И. И. Алексеев [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 256 с.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
5. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.
6. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.
8. Калач, А. В. О возможностях применения метода почти-периодического анализа для обработки изображений / А. В. Калач, А. А. Парамонов, С. Л. Сахаров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 44-52. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. – EDN HKBSAV.

References

1. Tapero, K. I. Radiation effects in silicon integrated circuits for space applications / K.I. Tapero, V.N. Ulimov, A.M. Members. Moscow: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2012. – 304 p.
2. Tapero, K. I. Fundamentals of radiation resistance of electronic equipment products: radiation effects in electronic equipment products: textbook. so-so / K. I. Tapero, S. I. Didenko. – M.: Ed. House of MISIS, 2013. – 349 p.
3. Ionizing radiation from outer space and their effects on the onboard equipment of spacecraft / I. I. Alekseev [et al.]. — Electron. dan. Moscow : Fizmatlit Publ., 2013. 256 p.
4. Poluektov, A. V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A. V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
5. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIK-KRO.
6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.
8. Kalach, A. V. On the possibilities of using the method of near-periodic analysis for image processing / A. V. Kalach, A. A. Paramonov, S. L. Sakharov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 44-52. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-42-50. – EDN HKBSAV.

РАЗРАБОТКА РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ БИБЛИОТЕК ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ МИКРОСХЕМ

Д.Б. Иванищенко¹, С.А. Сазонова¹, Салма Актер¹, А.И. Заревич¹, В.А. Смерек²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

²АО «Научно-исследовательский институт электронной техники»

Аннотация. Статья посвящена созданию радиационно-стойких библиотек элементов для криптографических микросхем, применяемых в космической аппаратуре. Рассмотрены основные этапы разработки, включая анализ внешней радиационной обстановки, выбор конструктивных решений и внедрение средств автоматизации проектирования. Подчеркивается важность комплексного подхода к повышению стойкости изделий.

Ключевые слова: библиотеки элементов, радиационная стойкость, криптографические микросхемы, информационная система.

DEVELOPMENT OF RADIATION-RESISTANT LIBRARIES OF ELEMENTS FOR CRYPTOGRAPHIC CHIPS

D.B. Ivanishchenko¹, S.A. Sazonova¹, Salma Akter¹, A.I. Zarevich¹, V.A. Smerek²

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
JSC "Research Institute of Electronic Engineering"

Abstract. This article focuses on the development of radiation-hardened libraries of elements for cryptographic microcircuits used in space equipment. The main stages of development are considered, including analysis of external radiation conditions, selection of structural solutions, and implementation of automated design tools. The importance of a comprehensive approach to improving the radiation resistance of devices is emphasized.

Keywords: libraries of elements, radiation resistance, cryptographic chips, information system

Введение

Создание радиационно-стойких библиотек элементов является ключевым этапом в разработке криптографических микросхем для космического применения. Такие библиотеки должны включать базовые логические элементы, такие как вентили, триггеры и мультиплексоры, адаптированные для работы в условиях воздействия тяжелых заряженных частиц. Это позволяет значительно сократить время проектирования и повысить качество конечного продукта.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики, связаны с необходимостью учета множества факторов: проектных норм, материалов, используемых в производстве, и требований заказчика. Для их решения требуется интеграция современных методик моделирования и автоматизации проектирования.

Библиотеки элементов

При разработке библиотек элементов необходимо учитывать ряд требований, предъявляемых к радиационной стойкости. К ним относятся:

1. Устойчивость к одиночным событиям.
2. Надежность при длительном воздействии накопленной дозы.
3. Совместимость с существующими технологическими процессами.

Для удовлетворения этих требований применяются различные методы защиты, включая использование новых материалов, резервирование элементов и корректирующие коды.

Основными элементами библиотеки являются логические вентили и триггеры, адаптированные для работы в условиях космического излучения. Для повышения их стойкости применяются следующие техники:

- Использование технологии "кремний-на-изоляторе" (SOI).
- Включение защитных диодов и резисторов.
- Оптимизация геометрических размеров активных областей.

Таблица 1 содержит сравнение характеристик стандартных и радиационно-стойких элементов.

Таблица 1 – Сравнение характеристик элементов

Характеристика	Стандартный элемент	Радиационно-стойкий элемент
Пороговый заряд, нс	5	10
Временная задержка, нс	3	5

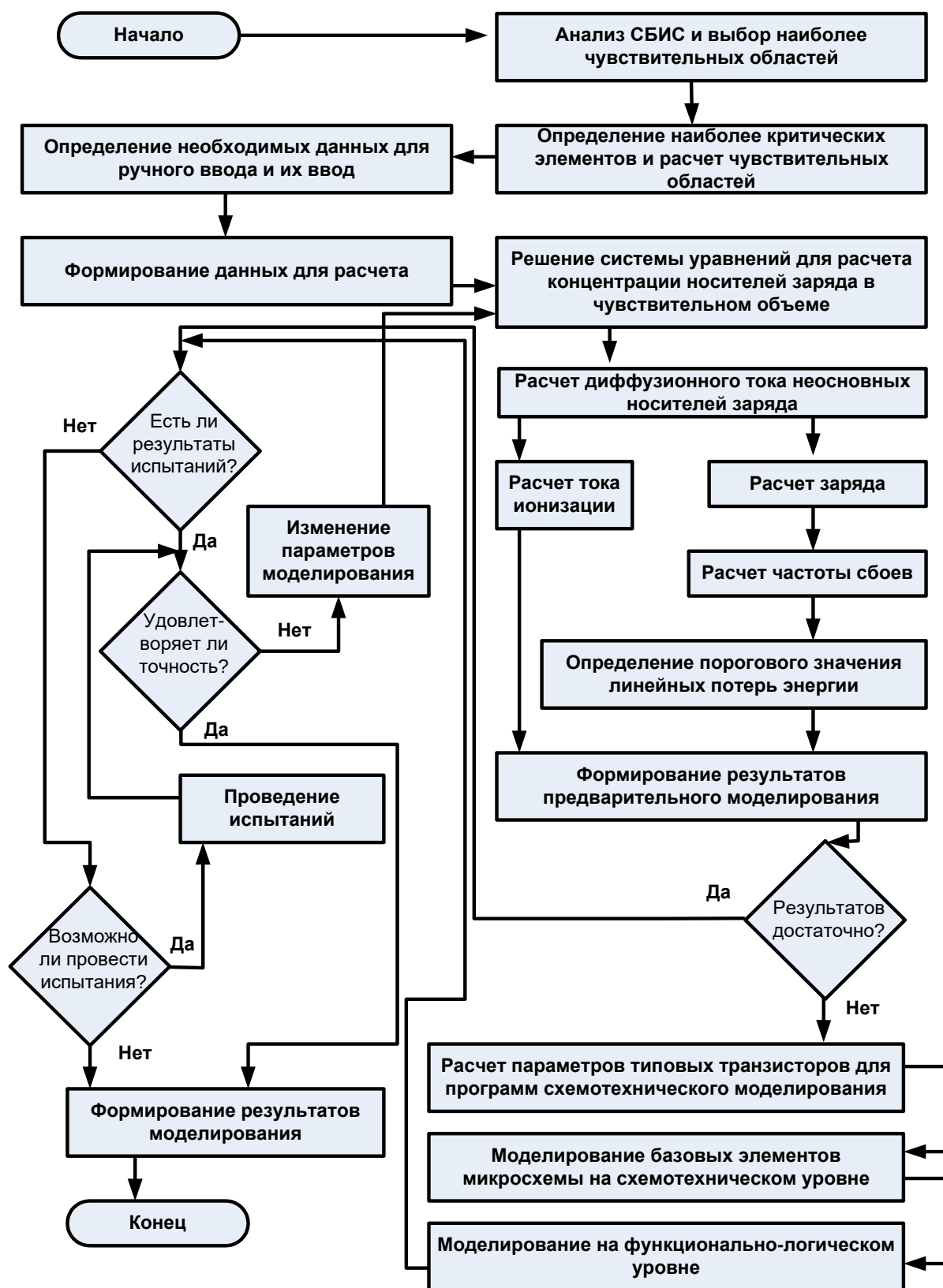


Рисунок 1 – Алгоритмическая основа определения показателей стойкости СБИС к ОС

Интеграция в САПР

Разработанные библиотеки успешно интегрированы в популярные системы автоматизации проектирования (САПР), такие как Cadence и Synopsys. Это позволило значительно ускорить процесс разработки сложных микросхем и повысить их качество. Алгоритм определения показателей стойкости СБИС представлен выше на рисунке 1.

Практическое внедрение библиотек показало их высокую эффективность. По сравнению с традиционными методами проектирования время разработки сократилось на 30%, а стоимость проекта уменьшилась на 20%. Кроме того, использование библиотек позволило достичь значительного повышения радиационной стойкости микросхем.

Заключение

Создание радиационно-стойких библиотек элементов является важным шагом на пути к разработке надежных криптографических микросхем для космического применения. Предложенные в статье методы и решения позволяют эффективно решать задачи повышения стойкости и оптимизации процесса проектирования. Будущие исследования должны сосредоточиться на дальнейшем совершенствовании этих технологий и их адаптации к новым требованиям.

Список литературы

1. Чумаков, А. И. Действие космической радиации на интегральные схемы / А. И. Чумаков. – М.: Радио и связь, 2004. – 46 с.
2. Colinge, J. P. Hardening Integrated Circuits against Radiation Effects / J. P. Cjlinge // RADECS-97 Short Course. 1997.
3. Weatherford, T. From Carriers to Contacts, a Review of SEE Charge Collection Processes in Devices // IEEE NSREC Short Course Notes. – 2002, pp. IV-1 – IV-53.
4. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.
5. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и

процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

6. Епифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Епифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Chumakov, A. I. The effect of cosmic radiation on integrated circuits / A. I. Chumakov. – M.: Radio and Communications, 2004. – 46 p.

2. Colinge, J. P. Hardening Integrated Circuits against Radiation Effects / J. P. Cjlinge // RADECS-97 Short Course. 1997.

3. Weatherford, T. From Carriers to Contacts, a Review of SEE Charge Collection Processes in Devices // IEEE NSREC Short Course Notes. – 2002, pp. IV-1 – IV-53.

4. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

5. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

6. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

7. Poluektov A.V., Makarenko Ph.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

ВЫРАЩИВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Е.С. Ильин¹, М.А. Симаков¹, А.А. Андрюшин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова»

В работе охватывается широкий спектр вопросов, начиная от физико-химических свойств кремния и заканчивая, но не ограничиваясь следующими методами его выращивания, такими как метод Чохральского и зонная плавка. Особое внимание уделено технологическим параметрам, влияющим на качество кристаллов.

Ключевые слова: монокристалл, кристаллическая решётка, кремний, полупроводник, фотоэлектрический элемент, методы очистки.

GROWING MONOCRYSTALLINE SILICON

E.S. Ilyin¹, M.A. Simakov¹, A. A. Andryushin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The work covers a wide range of issues, ranging from the physicochemical properties of silicon to, but not limited to the following methods of growing, such as the Chopril and Envisor Melting method. Particular attention is paid to the technological parameters affecting the quality of crystals.

Keywords: single crystal, crystalline structure, silicon, semiconductor, photovoltaic, purification methods.

Монокристаллический кремний является основным материалом для производства полупроводниковых устройств в микроэлектронике, наноэлектронике и других отраслях, включая производство фотоэлектрических элементов, составляющих солнечные панели. Этот процесс требует особых условий выращивания кристалла для получения кремния с однородной атомной структурой и минимальными погрешностями. В данной статье будут рассмотрены основные методы получения монокристаллического кремния: методы Чохральского и зонной плавки, и некоторые другие.

Кремний получил своё название от старославянского слова «кремень» (дано Г. И. Гессом) и является вторым по распространённости элементом на Земле после кислорода. На его поверхности на воздухе практически мгновенно образуется слой двуоксида кремния толщиной 1-2 нм, затем толщина постепенно возрастает до 5-6 нм. Двуокись кремния (SiO_2) – в то же время основная составляющая песка и кварца, из которых получают поликристаллический кремний. Однако в этих формах вещество не подходит для прямого использования в электронике из-за примесей и несоответствия его структуры монокристаллической кубической решётке. Для производства полупроводников используется кристалл, в котором атомы кремния расположены в строгом порядке по всему объёму материала.

1. Подготовка исходного сырья

В природном состоянии кремний содержит множество примесей, таких как железо, алюминий и другие металлы, которые, попадая в расплав поликристалла на одном из этапов, ухудшают его полупроводниковые свойства. Чтобы получить кремний высокой чистоты (не менее 99,9999 %), сырьё проходит следующие этапы обработки:

- Карботермическое восстановление кварцевого песка. Диоксид кремния (SiO_2) восстанавливают в электродуговой печи с графитовыми электродами, нагревая до температур от 1500°C до 1900°C и выше. Сначала, при относительно низкой температуре, двуокись кремния реагирует с графитом, образуя карбид кремния и угарный газ. Затем на кварцевый песок начинает воздействовать сам карбид, выделяя атомарный кремний. В результате реакции образуется технический кремний с чистотой 98–99%.
- Далее сырьё подвергается химической очистке, в том числе с помощью хлорирования, при котором образуются летучие соединения — трихлорсилан (SiHCl_3) или тетрахлорид кремния (SiCl_4). Эти соединения очищаются дистилляцией, а затем вновь восстанавливаются до чистого кремния с помощью водорода.
- Затем поликристаллический кремний разливается в формы для дальнейшего удобного выращивания.
- Очищенный кремний, полученный этим методом, имеет форму поликристаллических слитков, которые затем используются в процессах выращивания монокристаллов.

2. Метод Чохральского (Czochralski Process)

Наиболее распространенный метод выращивания монокристаллов кремния — это метод Чохральского, открытый польским физиком Яном Чохральским в 1916 году, когда он уронил ручку в тигель с расплавленным оловом и заметил в образовавшемся слитке монокристалл. Метод позволяет получать крупные монокристаллы с высокой степенью чистоты.

Последовательность действий в методе следующая.

Поликристаллический кремний помещают в тигель, изготовленный из высокочистого кварца или графита, который находится в атмосфере инертного газа (например, аргона). Тигель нагревают до температуры около 1420°C , что чуть выше температуры плавления кремния (1414°C).

В расплавленный кремний погружают монокристаллическую затравку, имеющую правильную кристаллическую структуру. В неё начинается рост монокристалла, могущего превысить размер и массу затравки в тысячи и более раз.

Затравочный кристалл медленно вытягивают из расплава, одновременно вращая его и тигель. Скорость вытягивания контролируется очень точно, так как она влияет на диаметр получаемого слитка (обычно от 100 до 300 мм). В процессе вытягивания атомы кремния из расплава присоединяются к затравочному кристаллу, следуя его кристаллической структуре.

Важной особенностью является поддержание стабильной температуры и равномерного распределения тепла, так как слишком быстрое охлаждение или неравномерность может привести к дефектам в кристалле.

После завершения процесса вытягивания получают цилиндрический слиток монокристаллического кремния, который разрезают на пластины для дальнейшего использования в производстве электроники. Обычно цилиндр имеет конический наконечник с такой же гладкой поверхностью, как и основной цилиндр, который благодаря такой поверхности и плавному сужению предотвращает термический шок от теплового расширения кристалла.

3. Метод зонной плавки (Float Zone)

Данный метод был разработан в 1950-х годах и широко применяется для получения сверхчистого кремния, позволяя добиться еще большей чистоты, чем при методе Чохральского. Метод был предложен Уильямом Пфанном в 1952 году, и к настоящему времени используется для очистки более 1500 веществ, включая, помимо прочих, алюминий, железо, титан, тантал и германий.

Основан на различной растворимости примесей в твёрдой и жидкой фазах. В результате последовательного расплавления отдельных частей вещества примеси скапливаются в одной части исходного образца.

Ёмкость, содержащая расплав для кристаллизации, в данном методе называется лодочкой. Лодочка – тугоплавкая, и состоящая из химически инертного материала по отношению к очищаемому веществу. Если по этим параметрам не удалось подобрать материал для лодочки, используется метод бестигельной зонной плавки, являющийся лучшим для тугоплавких очищаемых материалов.

Кристаллизация начинается на одном конце расплава и распространяется по объёму вещества с перемещением индукционного высокочастотного нагревателя. Скорость перемещения нагревателя ограничена скоростью диффузии примеси, а максимальные габариты лодочки – около 50 см в длину на 2-3 см в ширину с длиной расплавленной зоны около 5 см.

По сравнению с кристаллами, выращенными методом Чохральского, возрастает время жизни и подвижность носителей заряда. Однако для кристаллов, выращенных таким методом, характерна более высокая плотность дислокаций, происходящая из-за резких температурных перепадов и несовершенных решений относительно температурных условий при высокочастотном нагреве.

4. Другие методы

Очевидно, для использования полученных монокристаллов кремния, которые могут достигать массы 265 кг, обычной задачей является разрезание их на тонкие пластины и выравнивание их поверхности.

Высокие затраты на такие задачи стали причиной развития методов выращивания кремния непосредственно в виде тонких лент.

Одним из таких методов является EFG (Edge-Defined Film-Feed Growth Method, или способ с пленочной подпиткой при краевом ограничении роста). Используется для выращивания труб из сапфира, лент, цилиндров. Однако, ленты, выращенные таким способом, имеют высокую плотность дислокаций и двойников по сравнению с предыдущими из-за попадания в небольших количествах атомов углерода и, соответственно, включений карбида кремния (SiC).

Существуют методы выращивания дендритных лент, также применяющихся для изготовления фотоэлектрических элементов. Этот метод был доведён до опытного производства фирмой Westinghouse в 1966–1967 годах, с КПД солнечных панелей на его основе около 10% [Riel, 1973].

Метод вакуумно-термического испарения требует высокой температуры источника испарения (более 1800°C) и высокий вакуум (не более $1,53 \cdot 10^{-5}$ Па) для предотвращения реакции кремния с кислородом. КПД солнечных элементов, в основе которых лежит этот метод, достигал 3% [Feldman e. a., 1980].

Более широко применяется метод химического осаждения из паровой фазы, основанный на разложении SiCl_4 , SiHCl_3 [Chu e. a., 1967] или кремнийорганических соединений на горячей подложке.

Заключение

В данной статье рассмотрен процесс кристаллизация кремния, а также основные методы получения его монокристаллов, включая методы Чохральского; зонной плавки; способ с пленочной подпиткой при краевом ограничении роста; способ выращивания дендритных лент; вакуумно-термического испарения и химического осаждения, а также основные применения этих методов и сравнительные преимущества и недостатки.

Список литературы

1. Фаренбрух, А. Л. Солнечные элементы: теория и эксперимент / А. Л. Фаренбрух; Пер. с англ. И.П. Гавриловой, А.С. Даревского; Под ред. М.М. Колтуна. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 277, [1] с. ил.; 22.
2. Зиновьев В. Г., Карпов В. В., Фиалковский О. П. Процессы полупроводниковых производств. Учебное пособие. Часть I. — М.: МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2011 – 80с., ил.
3. Сумин, В. И. Особенности выбора членов экспертной группы для анализа функционирования сложной организационной системы силовых структур / В. И. Сумин, А. С. Дубровин, И. С. Куцева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 77-83. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – EDN ISTAML.
4. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов, А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – EDN QFRURQ.
5. Коробова, Л. А. Системный подход при решении прикладных медицинских диагностических задач / Л. А. Коробова, Т. А. О. Эйнуллаев, Р. В.

Тэн // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

6. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

References

1. Farenbrukh, A. L. Solar elements: theory and experiment / A. L. Farenbrukh; Per. from English. I.P. Gavrilova, A.S. Darevsky; Ed. MM. Koltuna. – М.: Energoatomizdat, 1987. – 277, [1] p. Il.; 22.

2. Zinoviev V.G., Karpov V.V., Fialkovsky O. P. Processes of semiconductor production. Textbook. Part I. – М.: Micht named after M.V. Lomonosov, 2011 – 80s., Il.

3. Sumin, V. I. Features of choosing members of the expert group to analyze the functioning of the complex organizational system of power structures / V. I. Sumin, A. S. Dubrovin, I. S. Kushcheva // Modeling of systems and processes. -2024.-T. 17, No. 4.-S. 77-83. -DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-77-83. – Edn Istaml.

4. Vatuyev, A. S. Optimization of test methods and algorithms for assessing the resistance of field transistors to various types of radiation using promising testing equipment / A. S. Vatuev, A. A. Sharapov, A. I. Ozerov // Modeling systems and processes. -2024.-T. 17, No. 3.-S. 16-25. -DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23. – Edn Qfruurg.

5. Korobova, L. A. A systematic approach to solving applied medical diagnostic problems / L. A. Korobova, T. A. O. Eynullaev, R. V. Ten // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 52-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-50-59. – EDN PSBDLB.

6. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

СОВРЕМЕННЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Е.С. Ильин¹, К.В. Шабулина¹, А.С. Тараканов¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

В данной работе были проведены всесторонние анализы современных микроконтроллеров. Изучены архитектуры микроконтроллеров, их характеристики, особенности и возможные применения в различных отраслях. Особое внимание было уделено энергоэффективным и высокопроизводительным микроконтроллерам, а также их интеграции с периферийными устройствами.

Ключевые слова: системы управления, высокопроизводительность, микроконтроллеры, энергоэффективность, архитектура.

MODERN MICROCONTROLLERS

E.S. Ilyin¹, K.V. Shabulina¹, A.S. Tarakanov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

In this work, comprehensive analyses of modern microcontrollers were carried out. The architectures of microcontrollers, their characteristics, features and possible applications in various industries are studied. Particular attention was paid to energy-efficient and high-performance microcontrollers, as well as their integration with peripheral devices.

Keywords: microcontrollers, architecture, energy efficiency, high performance, control systems.

Введение

В нашей жизни, микроконтроллеры занимают довольно значимую роль в электронике и выступают в качестве управления большинство устройств. Данное достижения в современных технологиях направлены на повышенную производительность, а также снижения затрат энергии.

На данный момент микроконтроллеры применяются в большинство областей, в таких как простая бытовая электроника и аж до довольно сложных систем, для примера можно взять транспорт и наши карманные гаджеты.

Цель данного исследования – изучения и анализ современных микроконтроллеров, особой архитектуры и оценка их эффективности.

Материалы и методы

В 21 веке наблюдается довольно огромный шаг в прогрессе области микроконтроллеров, это показывает улучшениям архитектуры и расширением их функционала. Один всего один, но довольно большой шаг развития микроконтроллеров – их энергоэффективность, что сделало их очень эффективными для использования во многих системах и переносимых гаджетах.

Для исследования я выбрал микроконтроллеры на архитектуре Arm Cortex-M (STM32), они довольно производительны, но плюсом к этому они энерго-эффективны.

Данные микроконтроллеры довольно универсальны за счёт широкого спектра интерфейса для подключения многих устройств.

Данное исследование я сфокусировал на оптимизации потребления электроэнергии в современных системах микроконтроллеров. А как мы знаем, если у устройства низкое энергопотребление, то оно проработает дольше без замены источников питания.

Для моего анализа были выбраны популярные архитектуры микроконтроллеров, такие как STM32, с архитектурой ARM Cortex-M, плюсом к этому PIC и AVR. Мое исследование включало такие параметры как: потребления ими электроэнергии, возможности интеграции с устройствами, оценку производительности.

Критерии основной оценки:

Энергоэффективность;

Интеграция с внешними устройствами;

Производительность.

Показатели анализа

- Большинство микроконтроллеров STM32 на архитектуре Arm Cortex-M обеспечивают высокую производительность, сохраняя низкое энергопотребление. Особенности архитектуры данных микроконтроллеров позволяют довольно

мало затратно справляться с управлением задач в реальном времени и это важно для современных устройств.

- Исследования подтверждают, современные микроконтроллеры поддерживают баланс между энергоэффективностью и производительностью и именно этот факт делает их пригодными и востребованными для использования во многих системах, устройствах с малым запасом ресурсов. Также микроконтроллеры с архитектурой Arm Cortex-M, ценны своей гибкостью и огромному спектру доступных интерфейсов.

- Решающим фактором становится энергоэффективность при выборке микроконтроллеров для приложений и устройств.

Заключение

Исследование подтверждает, что микроконтроллеры являются довольно нужным и важным инструментом для разработок систем управления (эффективных). Архитектурные решения за последние годы и довольно высокая энергоэффективность, делают их юзабельными и применимыми в области мобильной и не только электронике.

Список литературы

1. Смит, Д. Архитектуры и приложения микроконтроллеров // Журнал встроенных систем. – 2019. – № 3. – С. 45–50.
2. Браун, Т. Достижения в технологии микроконтроллеров // Материалы Международной конференции по электронике. – 2020. – С. 123–130.
3. Мочалов, В. П. Алгоритм динамического распределения и балансировки нагрузки в распределенных облачных вычислениях / В. П. Мочалов, Н. Ю. Братченко, Д. В. Гостева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYM.
4. Шипилова Е.А., Платонов А.А., Равлык Р.Ф., Господ А.А. Математическое моделирование и программная реализация процесса управления обеспечением безопасности полетов и деятельностью авиационного персонала // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 100-109.
5. Сумин, В. И. Использование ситуационного моделирования в разработке систем принятия решений для сложных организационных систем / В. И.

Сумин, А. С. Кравченко, А. В. Толкачев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

6. Сумин, В. И. Разработка сетевой модели целевых установок сложных организационных систем специального назначения / В. И. Сумин, А. С. Кравченко, С. В. Родин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

References

1. Smith, D. Microcontroller architectures and applications // Journal of Embedded Systems. – 2019. – № 3. – С. 45-50.

2. Brown, T. Advances in microcontroller technology // Proceedings of the International Conference on Electronics. – 2020. – С. 123-130.

3. Mochalov, V. P. Algorithm of dynamic distribution and load balancing in distributed cloud computing / V. P. Mochalov, N. Y. Bratchenko, D. V. Gosteva // Modelling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 92-102. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-92-102. – EDN EWMPYM.

4. Shipilova E.A., Platonov A.A., Ravlyk R.F., Lord A.A. Mathematical modelling and software implementation of the process of flight safety and aviation personnel activity management // Modelling of systems and processes. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 100-109.

5. Sumin, V. I. The use of situational modeling in the development of decision-making systems for complex organizational systems / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, A.V. Tolkachev // Modeling of systems and processes. - 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 71-79. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-69-77. – EDN FBBHJO.

6. Sumin, V. I. Development of a network model of target installations of complex organizational systems for special purposes / V. I. Sumin, A. S. Kravchenko, S. V. Rodin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 79-87. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-77-85. – EDN QIRWOK.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕАЛИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННО-СТОЙКИХ СИЛОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Кун Яньсинь¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. Силовые интегральные схемы являются энергетическим «сердцем» и источником питания системы схем, и имеют важное прикладное значение в аэрокосмической отрасли, экспериментах по ядерной физике, ядерной медицине и других радиационных средах. Поэтому противорадиационное усиление силовых интегральных схем очень необходимо. Основываясь на механизме излучения и фокусируясь на силовых интегральных схемах, в данной работе предлагаются универсальные схемы радиационного усиления, такие как технология кольцевой сетки стандартных устройств, технология компенсации тока утечки ключа, технология усиления отрицательным давлением, а также проводится проектирование соответствующих микросхем и эксперименты по облучению для проверки. В данной работе получена и проверена в TCAD эквивалентная модель кольцевых решеток в форме взлетно-посадочной полосы. Анализируется и поясняется методика полного МОП-изображения ключевой схемы для характеристики МОП-устройств с динамическим пороговым напряжением и пониженным напряжением считывания, на основе которой разработаны опорная схема DTMOS и схема предварительного бункера. Впервые в статье представлена схема обнаружения эффекта суммарной дозы. На основе этой схемы предложена методика компенсации критического тока утечки, которая применяется при разработке радиационно-стойкого генератора.

Ключевые слова: силовая интегральная схема, радиационная стойкость, кольцевой затвор, компенсация тока утечки, отрицательное напряжение

RESEARCH OF KEY TECHNOLOGIES AND IMPLEMENTATION OF RADIATION-HARDENED POWER INTEGRATED CIRCUITS

Yanxin Kong¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. Power integrated circuits are the energy ‘heart’ and power source of the circuit system, and have important application value in aerospace, nuclear physics experiments, nuclear medicine and other radiation environments. Therefore, anti-irradiation reinforcement of power integrated circuits is very necessary. Based on the radiation mechanism and focusing on power integrated circuits, this paper proposes universal radiation reinforcement schemes such as standard device ring-gridding technology, key leakage current compensation technology, negative pressure reinforcement technology, etc., and carries out the design of the relevant chip and irradiation experiments for verification. The equivalent aspect ratio model of runway-shaped ring-grid devices is derived and TCAD verified in this paper. The key circuit full MOSisation technique is analysed and elucidated to characterise the dynamic threshold voltage MOS devices with lower read voltage, and the DTMOS reference and pre-buck circuit are designed based on this. The total dose effect detection circuit is presented for the first time in the paper. Based on this circuit, the critical leakage current compensation technique is proposed and applied to the design of radiation-resistant oscillator.

Keywords: power integrated circuit, radiation immunity, ring gate, leakage current compensation, negative voltage

Негативное влияние эффекта суммарной дозы особенно сильно проявляется для силовых интегральных схем. Это связано с тем, что в силовых интегральных схемах часто используются высоковольтные устройства большой площади из-за их высоковольтных и мощных требований к применению. Высоковольтные устройства имеют толстые оксидные слои, а оксид является наиболее чувствительным материалом к суммарному эффекту дозы. Поэтому в условиях космической радиации силовые интегральные схемы легко подвергаются воздействию радиации, что в свою очередь приводит к нестабильности выходного сигнала, снижению эффективности преобразования энергии и другим явлениям, влияющим на нормальную работу последующих модулей.

Исследование радиационной среды и радиационно-индуцированных эффектов на полупроводниковых приборах является основой радиационных исследований силовых интегральных схем, с постоянным углублением и расширением исследований, а затем медленно переносится на производственный процесс, проектирование структуры устройства, структуры схемы и упаковки модуля исследования и проектирования, является систематической многоугольной работы.

Котляров, В. В. и др. Технология проектирования и программно-аппаратная методология радиационной стойкости цифровых устройств на базе ПЛИС. Методология ориентирована на использование экранов из материалов с высокими поглощающими свойствами, применение радиационно-стойких технологи-

ческих процессов изготовления, таких как кремний-на-изоляторе (SIN), оптимизацию конструкции транзисторов и выбор радиационно-стойких материалов. Программно-аппаратные подходы основаны на введении избыточности и использовании алгоритмов для обнаружения и исправления ошибок, вызванных радиационным воздействием [1].

Негативное воздействие электромагнитных полей, создаваемых ядерными взрывами, на КМОП-полупроводники изучено Полуэктов, А.В. и др. Оценивалась возможность защиты полупроводниковых приборов от излучения с помощью защитных корпусов. Рассмотрены различные материалы, используемые для изготовления защитных экранов, уровень защиты различных веществ от различных видов излучения, их положительные и отрицательные стороны, в частности вес, возможность комбинированного использования и невозможность защиты от всего спектра излучения. На основе математической модели разработана программа на языке программирования C#, моделирование защитного кожуха которой позволяет провести предварительную оценку эффективности защиты и при необходимости принять меры по ее усилению [2].

В 1962 и 1964 годах концепции повреждения полупроводников одиночной энергичной частицей и суммарного дозового эффекта от ионизирующего излучения были предложены Уоллмарком и Хьюзом и др. соответственно [3], а в конце 1970-х годов механизм облучения полупроводниковых приборов постепенно дополнялся и совершенствовался. В связи с быстрым развитием интегральных схем ученые сместили акцент в исследованиях по защите от облучения на усиление технологических процессов и схем. Устойчивость к облучению таких технологий, как SiliconOnInsulator (SOI) и Shallow Trench Isolation (STI), стала анализироваться экспериментально и с помощью моделирования. В 1985 г. К. Касама разработал радиационное усиление изолирующих оксидов для MOSLSI-устройств [4]. В 1994 г. К. Ноймайер и др. проанализировали модели излучения, основанные на технологическом процессе LOCOS [5]. В 2006 г. усиление ВЧ-цепей на основе 130-нм КМОП-процесса было предложено Пуже и др [6]. В том же году Барнаби в своей работе подробно обсудил и проиллюстрировал экспериментальными данными радиационные эффекты МОП-устройств.

На уровне компоновки, в связи с потребностью в устройствах с большой проводимостью для высокоскоростных схем, структура с прямоугольным кольцевым затвором (EnclosedLayoutTransistor, ELT) была впервые предложена Стрикером и Дингволлом [7]. В 1982 году явление индуцированного облучением тока утечки МОП-транзисторов было впервые замечено Наполи и Смелцером.

Smeltzer. В 1984 году Oldham провел обширные радиационные эксперименты с полупроводниковыми приборами и теоретически проанализировал результаты, объяснив влияние радиации на оксидный слой прибора.⁴ В 1996 году Alexander на краткосрочной конференции по радиационным эффектам в ядерной и космической промышленности выдвинул идею о необходимости радиационно-стойкого усиления этого тока утечки.⁵ В последующие годы исследователи и ученые работали над рядом новых моделей тока утечки, включая MOSFET, MOSFET, MOSFET. В последующие годы исследователи пытались повысить точность модели и предлагали новые структуры компоновки с кольцевыми затворами, чтобы удовлетворить больше требований к проектированию. В 2009 году Маклейн и др. предложили компоновку с усилением без кромок. В 2016 году была предложена радиационно-стойкая структура компоновки на основе 65-нм техпроцесса FDSOI. На уровне схем в последние годы были предложены различные радиационно-стойкие структуры схем для различных радиационных эффектов, но единая идея радиационно-стойкого усиления еще не разработана. В 1997 году Фариборз и др. предложили МОП-транзистор с динамическим пороговым напряжением (DTMOS). DTMOS был использован при разработке опорных схем для улучшения радиационной стойкости эталона в работе Vergine et al. В 2014 году Бален предложил новую структуру переменного смещения. В 2009 году Гхош и др. исследовали радиационную стойкость фазовых циклов и разработали их устойчивыми к воздействию одиночных частиц, используя процесс SOS.

Из-за характеристик высоковольтного сопротивления силовых интегральных схем в них часто интегрируют более устойчивые к напряжению трубки с толстыми оксидными слоями. Оксидный слой (SiO_2) является чувствительной частью эффекта суммарной дозы, чем больше толщина оксидного слоя, тем более очевиден эффект суммарной дозы. С накоплением дозы облучения, захваченный облучением индуцированный свободный заряд постепенно увеличивается, заставляя соседний полупроводниковый материал производить индуцированный заряд и агрегацию, образование паразитного канала, влияющего на электрические характеристики микроэлектронных устройств.

Устройство с кольцевыми затворами обладает свойством усиления суммарного дозового эффекта, а его конструкция без краев канала позволяет эффективно избежать образования индуцированных облучением каналов утечки и уменьшить влияние тока утечки вне состояния на устройство и схему. Структура устройства с кольцевыми затворами включает: круг, усеченный прямоугольник, полосу, «8» и так далее.

Кольцевые затворные устройства можно условно разделить на две категории: полностью окруженные и частично окруженные, среди которых частично окруженные кольцевые затворные устройства: «Н» образные устройства, «Z» образные устройства и т.д., область истока таких устройств и область стока не полностью изолированы кислородом затвора, эффект защиты от облучения немного слабее, чем у полностью окруженных кольцевых затворных устройств. Эффект устойчивости к облучению несколько слабее, чем у полностью окруженных кольцевых затворных устройств. К полностью окруженным устройствам в основном относятся круглые, прямоугольные, усеченные прямоугольные и т. д. устройства. Противорадиационные характеристики этих устройств лучше, но часть структуры пластины имеет относительно большую площадь, а минимальный размер соотношения сторон ограничен.

Элемент обнаружения облучения определяет ток утечки NMOS в выключенном состоянии и переворачивает выходное напряжение. Таким образом, переворот ячейки означает, что ток утечки NMOS-устройства аналогичен рабочему току PMOS. Исходя из этого, ячейка обнаружения может быть использована для определения величины тока утечки в выключенном состоянии. Схема обнаружения обладает определенной универсальностью, и в данном подразделе она применяется для проектирования противорадиационного усиления генератора. Традиционная структура генератора показана на рис 1.

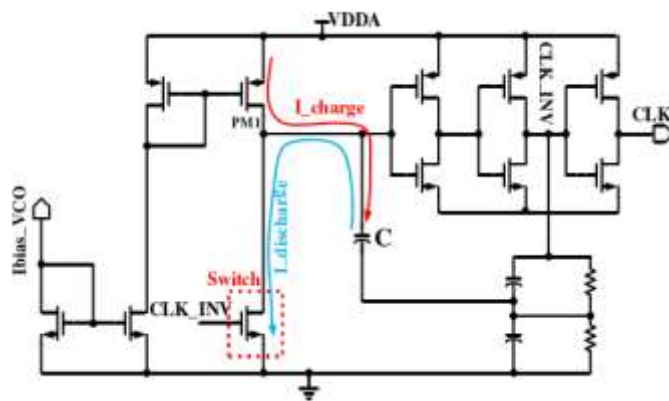


Рисунок 1 Традиционная структура осциллятора

Когда переключатель (Switch) выключен, конденсатор (C) заряжается. Когда напряжение на верхней пластине конденсатора заряжается до определенного значения, флип-флоп выходного потенциала инвертора (CLKINV) включает управляющий переключатель. После включения выключателя конденсатор разряжается, так как ток разряда ($I_{discharge}$) больше тока заряда (I_{charge}). Когда напряжение на пластинах конденсатора снижается до определенного значения,

выход инвертора переключается, что приводит к выключению переключателя; разрядный тракт отключает конденсатор, чтобы возобновить зарядку.

Для того чтобы проанализировать влияние облучения генератора, схема упрощена с помощью определенных допущений: 1) считается, что PMOS не подвержен влиянию излучения; 2) предположение, что все те же смещения NMOS излучения генерируются с теми же изменениями; 3) предположение, что ток смещения неизменен. Из приведенных выше предположений можно получить, что: 1) зарядный ток, определяемый током смещения и структурой токового зеркала, остается неизменным после того, как схема подвергается излучению; 2) под воздействием излучения переключатели генерируют токи утечки в выключенном состоянии, что приводит к уменьшению зарядного тока конденсатора.

Таким образом, идея радиационного усиления этого генератора заключается в том, чтобы уменьшить влияние на цепь генератора тока утечки, генерируемого переключателем, принимающим излучение. Легко сообразить, что влияние излучения на схему можно свести на нет, добавив к току смещения компенсирующий ток той же величины, что и ток утечки переключателя.

На рис. 2 показана схема противорадиационного генератора, основанного на структуре токового зеркала для обнаружения и компенсации тока вне состояния, индуцированного после облучения.

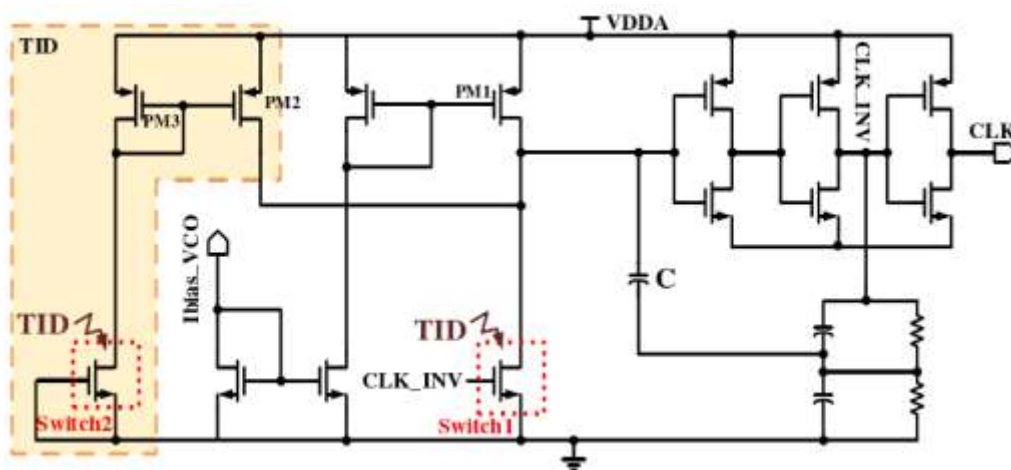


Рисунок 2 Линейный противорадиационный генератор на основе токового зеркала

Как показано на рис. 2, переключатель2 повторяет переключатель1. Переключатель2 подвергается воздействию излучения и генерирует ток утечки, который добавляется к току смещения заряда конденсатора через токовое зеркало PM2-3 для противодействия току утечки, генерируемому переключателем1 в выключенном состоянии.

Структура схемы проблемы: 1) из-за того, что переключатель² находится в выключенном состоянии, импеданс очень высокий, напряжение на затворе PM3 очень высокое (стремится к VDDA), токовое зеркало работает в подпороговой области: 2) напряжение стока PM2 и PM3 отличается, из-за короткоканального эффекта токового зеркала, чтобы соответствовать хуже;

Список литературы

1. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов, А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Том 17, № 3. – С. 16–25. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 14 – 23.
2. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Том 17, № 2. – С. 93–100. – DOI 10.12737/2219 – 0767 – 2024 – 17 – 2 – 93 – 100.
3. Радиоустойчивый изолятор для изоляции устройств MOS LSI / К. Касама, Ф. Тойокава, М. Сакамото и др. // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 1985. – Том 32, № 6. – С. 3965–3970.
4. Радиоустойчивый изолятор для изоляции устройств MOS LSI / К. Касама, Ф. Тойокава, М. Сакамото и др. // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 1985. – Том 32, № 6. – С. 3965–3970.
5. Ноймейер, К. Радиоустойчивое поле окиси LOCOS / К. Ноймейер, Х. П. Брюммер // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 1994. – Том 41, № 3. – С. 572–576.
6. Радиоустойчивые по дизайну радиочастотные схемы, выполненные в технологии 0.13 мкм CMOS / В. Чэн, В. Пуже, Дж. К. Джентри и др. // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 2006. – Том 53, № 6. – С. 3449–3454.
7. Титов, М. Ю. Процессы управления в высоконадежных системах специального и двойного назначения / М. Ю. Титов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.
8. Шагеев, Д. А. Поиск решения проблемы выбора формы свёртки локальных векторов с целью повышения точности измерений в методе анализа иерархий / Д. А. Шагеев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOH.

References

1. Ватуев, А. С. Оптимизация методов испытаний и алгоритмов оценки стойкости полевых транзисторов к различным видам радиации с применением перспективного испытательного оборудования / А. С. Ватуев, А. А. Шарапов, А. И. Озеров // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 16-25. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-14-23.
2. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100
3. Radio-resistant isolator for isolation of MOS LSI devices / K. Kasama, F. Toyokawa, M. Sakamoto, et al. // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 1985. - Vol. 32, No. 6. - P. 3965-3970.
4. Radio-resistant isolator for isolation of MOS LSI devices / K. Kasama, F. Toyokawa, M. Sakamoto, et al. // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 1985. - Vol. 32, No. 6. - P. 3965-3970.
5. Neumeier, K. Radiation hard LOCOS field oxide / K. Neumeier, H. P. Bruemmer // IEEE Transactions on Nuclear Science. 1994. 41(3) : 572-576
6. Chen W, Pouget V, Gentry G K, et al. Radiation hardened by design RF circuits implemented in 0.13um CMOS technology. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2006, 53(6) : 3449-3454.
7. Titov, M. Y. Control processes in highly reliable special and dual-purpose systems / M. Y. Titov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 87-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-85-93. – EDN BYIKFT.
8. Shageev, D. A. Search for a solution to the problem of choosing the form of convolution of local vectors in order to increase the accuracy of measurements in the hierarchy analysis method / D. A. Shageev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 95-105. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-93-103. – EDN FUFKOH.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТИЧЕСКИМ И ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ

О.Ю. Кутепова¹, В.К. Зольников¹, С.А. Сазонова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматриваются основные теоретические сведения по акустическим и виброакустическим каналам. Рассмотрен экспериментально-расчетный метод оценки разборчивости речи. Приведены характеристика и классификация утечки акустической (речевой) информации по техническим каналам. Рассмотрена принятая в России методика оценки речевой разборчивости.

Ключевые слова: методы защиты информации, утечка информации, акустические и виброакустические каналы, технические каналы, аппаратура акустической защиты речи.

ANALYSIS OF INFORMATION PROTECTION METHODS AGAINST LEAKAGE THROUGH ACOUSTIC AND VIBROACOUSTIC CHANNELS

O.Y. Kutepova¹, V.K. Zolnikov¹, S.A. Sazonova¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the basic theoretical information on acoustic and vibroacoustic channels. An experimental computational method for assessing speech intelligibility is considered. The characteristics and classification of acoustic (speech) information leakage through technical channels are given. The method of speech intelligibility assessment adopted in Russia is considered.

Key words: information protection methods, information leakage, acoustic and vibroacoustic channels, technical channels, acoustic speech protection equipment.

Теория разборчивости речи основана на гипотезе о формантной структуре звуков речи и на общих положениях теории вероятности. Все звуки речи отличаются друг от друга формантами, т.е. областями максимумов в их спектрах. Фор-

манты не представляют собой чистых тонов, а содержат достаточно большое количество спектральных составляющих, усиленных резонаторами речевого органа в определённой области частотного диапазона, с максимумом усиления на определённой частоте, которая и принимается за частоту характеризующую форманту. Разборчивость формант обладает свойством аддитивности, т.е. суммируемости по частоте. Это означает, что сумма разборчивостей формант, полученных при раздельном пропускании полос частот, будет равна разборчивости формант при одновременном пропускании тех же полос частот.

Применяются два способа деления частотного спектра:

- деление на равные по ширине расчётные полосы, при этом для каждой полосы вероятность появления формант P_{Φ} будет различной;
- деление на различные по ширине расчётные полосы, но так, чтобы величина P_{Φ} была бы одинакова для каждой полосы.

Второй способ находит большее применение: речевой диапазон частот $\Delta F = 200 \div 7000$ Гц делят на 20 полос равной разборчивости, с вероятностью появления формант в каждой полосе равной $P_{\Phi} = 0,05$. Суммарная вероятность приёма формант называется разборчивостью формант

$$A_{\Phi} = \sum_{i=1}^{20} 0,05 \cdot \omega_{\Phi i} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{20} \omega_{\Phi i},$$

где $\omega_{\Phi i}$ - коэффициент разборчивости, зависимый от уровня ощущения формант E для каждой расчётной полосы, например, при граничных значениях E равных (-12 dB) и 36 dB значение $\omega_{\Phi i}$ равно 0,010 и 1,0 соответственно.

По суммарной разборчивости формант определяется величина разборчивости $I_{\Phi}, \%$, которая может принимать значения от 5 % до 90 %. Речь не прослушивается или маскируется шумами, если $A_{\Phi} \leq 0,05$ или $I_{\Phi} \leq 17\%$.

Звуки имеют несколько формант и свою индивидуальную спектральную огибающую (рисунок 1).

Рассмотрим экспериментально-расчетный метод оценки разборчивости речи. Формант обладает свойством аддитивности:

$$A_{\Phi} = \sum_i^n A_{\Phi i} = \sum_i^n g_i \cdot P_i \quad (1.1)$$

где g_i – вклад i -й частотной полосы в суммарную разборчивость A_{Φ} ; P_i – коэффициент восприятия формант человеческим ухом в i -й полосе частот.

Вклад g_i каждой i -й частотной полосы в суммарную разборчивость формант можно оценить формантному распределению (рисунок 2).

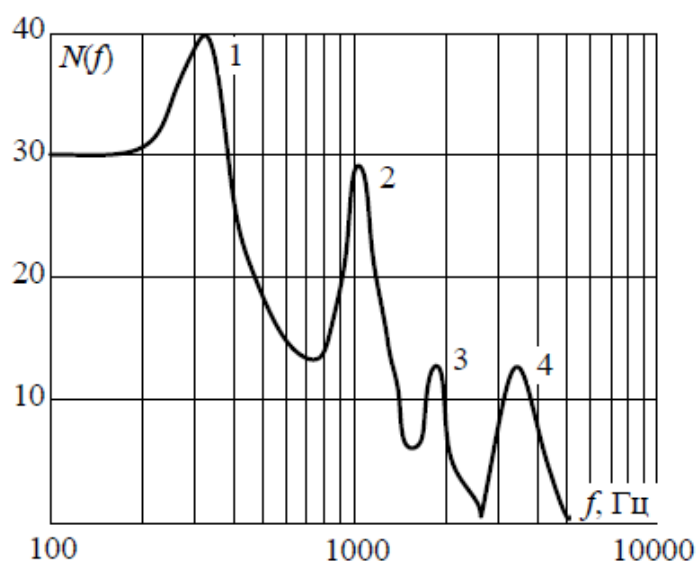


Рисунок 1 – Спектр фонемы «3»

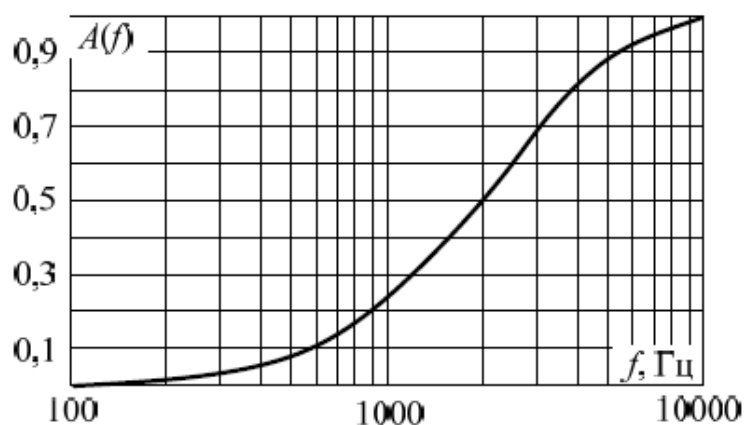


Рисунок 2 – Формантное распределение

Разборчивость равна 1 при полной разборчивости речи:

$$A_{\phi} = \sum_i^n A_{\phi i} = 1$$

Уровень ощущения E находим из выражения

$$E = B'_p - b - B_{\text{ш}} \quad (1.2)$$

где B'_p – спектральная плотность формант; b – коэффициент затухания тракта «источник-приемник»; $B_{\text{ш}}$ – спектральная плотность шума.

На рисунке 3 показаны усредненные спектры русской речи и B_p соответствующий спектр формант B'_p , а на рисунке 4 отображена разность этих спектров ΔB . На рисунке 5 отображена зависимость коэффициента восприятия P от уровня ощущений E .

Из (1.2) получим:

$$E' = (B_p - \Delta B) - B_{ш} - b = (B_p - B_{ш}) - \Delta B - b. \quad (1.3)$$

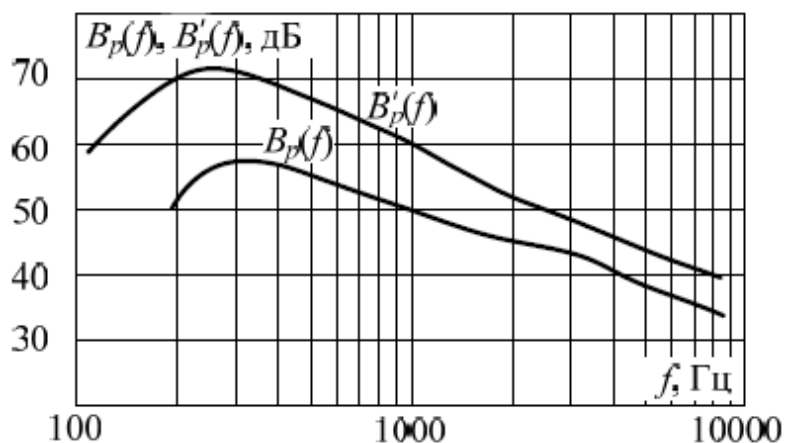


Рисунок 3 – Усредненные спектры русской речи и формант

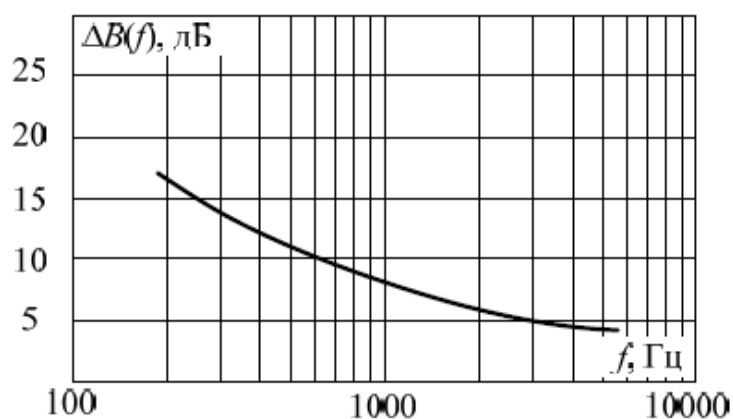


Рисунок 4 – Разница между спектром речи и формант

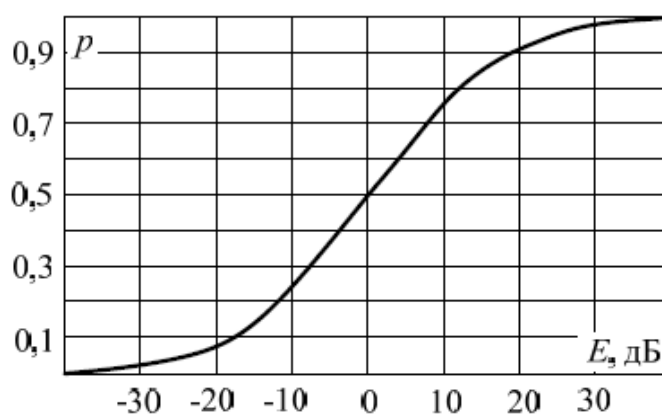


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента восприятия от уровня ощущений

В России принята методика оценки речевой разборчивости осуществлено Железняком В.К., Макаровым Ю.К., Хоревым А.А. Для нее существуют соотношения аппроксимируют графики на рисунках 2-5 и имеют следующий вид:

$$\Delta A_i = \begin{cases} 200 \cdot f^{0,43} - 0,37, & \text{если } f \leq 1000 \text{Гц}, \\ 1,37 - \frac{1000}{f^{0,69}}, & \text{если } f > 1000 \text{Гц}, \end{cases} \quad (1.4)$$

$$k_f = \begin{cases} 2,57 \cdot 10^{-8} \cdot f^{2,4}, & \text{если } 100 < f \leq 400 \text{Гц}, \\ 1 - 1,074 \cdot \exp(-10^{-4} \cdot f^{1,18}), & \text{если } 400 < f \leq 10000 \text{Гц}, \end{cases} \quad (1.5)$$

$$P_i = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i \leq 0, \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \cdot \exp[-4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (27,3 - |Q_i|)^2]}{1 + 10^{0,1|Q_i|}}, & \text{если } Q_i > 0, \end{cases} \quad (1.6)$$

где $Q_i = (L_{ci} - \Delta A_i) - L_{\text{ш}i} = q_i - \Delta A_i$; $L_{\text{ш}i}$ – уровень шума (помехи) в месте измерения в i -й спектральной полосе, дБ; $q_i = L_{ci} - L_{\text{ш}i}$ – отношение «уровень речевого сигнала/уровень шума», дБ; $R_i = P_i \cdot k_i$,

$$R = \sum_{i=1}^N R_i \quad (1.7)$$

$$S = \begin{cases} 4 \cdot R^{1,43}, & \text{если } R \leq 0,15; \\ 1,1 \cdot [1 - 1,17 \cdot \exp(-2,9 \cdot R)], & \text{если } 0,15 < R \leq 0,7; \\ 1,01 \cdot [1 - 9,1 \cdot \exp(-6,9 \cdot R)], & \text{если } R > 0,7; \end{cases} \quad (1.8)$$

$$W = 1,05 \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{6,15 \cdot S}{1 + S}\right) \right] \quad (1.9)$$

$$W = \begin{cases} 1,54 \cdot R^{0,25} \cdot [1 - \exp(-11 \cdot R)], & \text{если } R < 0,5 \\ 1 - \exp\left(\frac{11 \cdot R}{1 + 0,7 \cdot R}\right), & \text{если } R \geq 0,5 \end{cases} \quad (1.10)$$

На рисунках 6 и 7 приведены необходимые для расчетов графики. При разработке данной работы использовались материалы исследований [1-18].

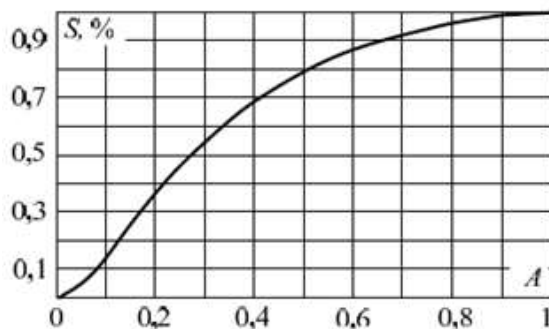


Рисунок 6 – Зависимость слоговой разборчивости S от интегрального индекса артикуляции A

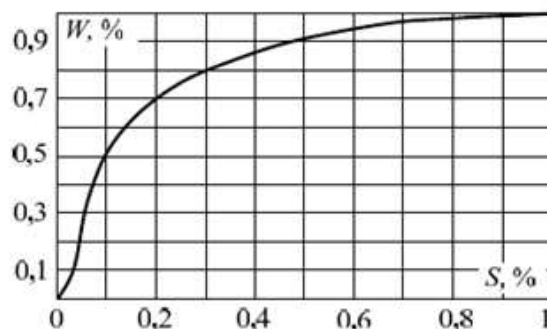


Рисунок 7 – Зависимость словесной разборчивости W от интегрального индекса артикуляции A

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.
2. Елифанов, Е. Н. Системный анализ акустических свойств речевых оповещателей / Е. Н. Елифанов, В. Ф. Асминин, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов, К. В. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.
4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNJ.
5. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.
6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Повышение формализации задач верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / А. В. Полуэктов, К. В. Зольников, А. В. Ачкасов, Ю. А. Чевычелов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Сазонова, С. А. Моделирование процесса диагностики утечек на основе двухальтернативной гипотезы с учетом помех от стохастичности потребления в гидравлической системе / С. А. Сазонова, И. В. Щербакова, Г. И. Сметанкина // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Полуэктов, А. В. Моделирование влияния электромагнитных полей на микросхемы / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 145. – С. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Асминин, В.Ф. Экспериментальные исследования вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.

14. Николенко, С.Д. Улучшение качества материала промышленных полов для повышения ударной стойкости при воздействии машиностроительного оборудования / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Известия Тульского

государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.

15. Перцев, В.Т. Повышение качества бетона путем применения металлических фибр / В.Т. Перцев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 3. – С. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.

16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a lightweight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36) . – С. 82-96. – EDN: OZLOHG.

17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Т. 10. – № 1 (36). – С. 69-81. – EDN: FLGZTH.

18. Асминин, В.Ф. Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками / В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова, А.С. Самофалова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. № 12. – С. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

References

1. Computer simulation of the operability of an electrical circuit in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

2. Epifanov, E. N. System analysis of acoustic properties of speech annunciators / E. N. Epifanov, V. F. Asminin, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 42-53. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-42-53. – EDN BMZBYL.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, K. V. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 36-44. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-34-42. – EDN EAGOOO.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Solnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin

// Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – pp. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQHJ.

5. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a polar filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in uncertain conditions for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

8. Increasing the formalization of topology and electrical circuit verification tasks for computer-aided design systems / A.V. Poluektov, K. V. Zolnikov, A.V. Achkasov, Yu.A. Chevychelov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 102-111. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-102-111. – EDN QIKKRO.

9. Sazonova, S. A. Modeling of the leak diagnosis process based on a two-alternative hypothesis, taking into account interference from stochastic consumption in the hydraulic system / S. A. Sazonova, I. V. Shcherbakova, G. I. Smetankina // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 111-120. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-111-120. – EDN CSKRIZ.

10. Poluektov, A.V. Modeling the influence of electromagnetic fields on microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 129-136. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-129-136. – EDN HWPUXU.

11. Poluektov, A.V. Modeling the attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

12. Diagnostics of leaks with unknown amplitudes against the background of interference caused by accidental consumption in the hydraulic system for the forest complex / S. Sazonova, K. Zolnikov, T. Skvortsova [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – p. 04016. – DOI: 10.1051/bioconf/202414504016. – EDN: SQXQKY.

13. Asminin, V.F. Experimental studies of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Extracts from Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 525-529. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-525-526. – EDN: CBJRSA.
14. Nikolenko, S.D. Improving the quality of the material of industrial floors to increase impact resistance when exposed to machine-building equipment / S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova, V.F. Asminin // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 495-498. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-495-496. – EDN: SBVFRO.
15. Pertsev, V.T. Improving the quality of concrete by using metallic fibers / V.T. Pertsev, S.D. Nikolenko, S.A. Sazonova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2024. – No. 3. – pp. 480-484. – DOI: 10.24412/2071-6168-2024-3-480-481. – EDN: TJXBCE.
16. Asminin, V.F. Evaluation of the sound insulation properties of a light-weight panel with an internal diamond-shaped structure based on computer modeling of the process of passage and absorption of sound energy in it / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – T. 10. – № 1 (36). – Pp. 82-96. – EDN: OZLOHG.
17. Samofalova, A.S. Damping of vibration-damping thin-walled steel structures with discrete rubber inserts / A.S. Samofalova, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Noise Theory and Practice. – 2024. – Vol. 10. – № 1 (36). – Pp. 69-81. – EDN: FLGZTH.
18. Asminin V.F., Sazonova S.A., Samofalova A.S. Protection from noise of vibrationally excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. – 2023. No. 12. – pp. 161-169. – DOI: 10.24412/2071-6168-2023-12-161-162. – EDN: XBSGJY.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ GAN HEMT

Лу Ситянь¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В настоящем документе рассматриваются переменные температурные характеристики устройств AlGaIn/GaN HEMT. Дизайн конструкции устройства AlGaIn/GaN HEMT и его основные характеристики при 300K были изучены с помощью программного обеспечения Silvaco simulator. В результате моделирования было установлено, что температура оказывает определенное влияние на передаточные характеристики, выходные характеристики и характеристики диапазонов энергопотребления, что влияет на рабочие характеристики устройства.

Ключевые слова: моделирование, материалы GaN, устройства GaN HEMT, температурные характеристики, Silvaco моделирование

STUDY ON TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF GAN BASED HEMT DEVICES

Lu Xitian¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this paper, the variable temperature characteristics of AlGaIn/GaN HEMT devices are discussed. The structure design of AlGaIn/GaN HEMT device and its basic characteristics at 300K were studied by Silvaco simulation software. Through simulation, it is found that temperature has a certain influence on the transfer characteristics, output characteristics and energy band characteristics, which has an impact on the performance of the device.

Keywords: modeling, GaN materials, GaN HEMT devices, temperature characteristics, Silvaco simulation.

GaN is a new type of semiconductor material, which is at the forefront of global semiconductor research and is becoming a key material for microelectronics and optoelectronic devices. Compared with the first generation semiconductor materials (such as silicon), it has a larger band gap, higher mobility, better thermal stability, and can work at higher temperatures, and has obvious advantages in manufacturing high power density, high frequency, and high temperature devices. Compared with second-generation semiconductor materials, such as aluminum nitride, GaN has higher hardness and wider band gap, allowing higher power, frequency devices to be manufactured with higher efficiency and shorter wavelengths.

HEMT is the high electron mobility transistor, which has the advantages of high speed, high power and low noise, especially the electron mobility is very high, and can achieve high-speed and high-power amplification and switching operation. It is usually made of GaN or GaAs, high frequency characteristics and high temperature stability, widely used in communication, radar, satellite communication and other fields.

1. AlGaN/GaN HEMT device characteristics

1.1 Working principle of AlGaN/GaN HEMT device

AlGaN/GaN HEMTs work by controlling the gate voltage to adjust the width of the electron trap layer, thereby controlling the flow of current through it. This device has the advantages of high frequency, high power and high temperature, so it is widely used in the field of RF and power electronics.

Figure 1 shows the structure of the AlGaN/GaN HEMT device. The structure of AlGaN/GaN HEMT devices is usually composed of a substrate, GaN layer, AlGaN layer, and metal electrodes. The substrate is usually a silicon substrate or a sapphire substrate, which is used to provide mechanical support and thermal management of the device. GaN layers are typically GaN materials used to provide electron transport channels. The AlGaN layer is typically an AlGaN material used to form a gate structure that controls the concentration of electrons in the channel. Metal electrodes are used to provide electrode contact and current injection. A heterojunction is generated at the interface of AlGaN material and GaN material, and this heterojunction will form 2DEG, which is mainly near the GaN side.

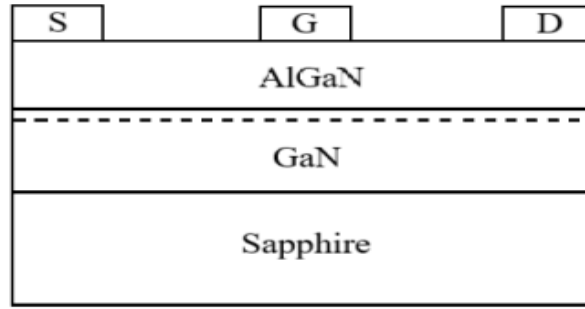


Figure 1- Structure diagram of AlGaN/GaN HEMT device

1.2 DC characteristics of AlGaN/GaN HEMT devices

The output characteristics, transfer characteristics and transconductance curve of the device in the DC characteristics:

(1) Saturated drain current

Saturated drain current refers to the drain current when the electrons in a two-dimensional electron gas reach saturation state at a given drain voltage. This parameter reflects the carrier concentration and electron mobility of two-dimensional electron gas. In general, the larger the saturated drain current, the higher the carrier concentration of the two-dimensional electron gas, the better the electron mobility.

(2) transconductance

The transconductance of a HEMT device is the gain between its output current and input voltage, usually expressed as the change in output current per unit voltage. The transconductance of HEMT devices is much larger than that of MOSFET devices, which is due to the high electron mobility, low carrier concentration, and large electric field strength of HEMT devices.

(3) Threshold voltage

The threshold voltage refers to the voltage required to form a conductive channel in an AlGaN/GaN HEMT device. Since the AlGaN layer in the AlGaN/GaN heterostructure can form an electron gas on the GaN surface, the threshold voltage is reduced. In general, AlGaN/GaN HEMT devices typically have lower threshold voltages than conventional GaN materials. In a transistor, the threshold voltage V_{th} refers to the situation where the reference value of the output signal begins to change when the voltage of the input disturbance signal reaches a certain level.

(4) Band gap width

The band gap width of a HEMT device refers to the band gap between the conduction band and the valence band of a HEMT device, also known as the band gap. Band gap width is an important parameter of HEMT devices, which determines the

electrical performance and application range of the devices. Generally speaking, the larger the bandgap width, the better the electrical performance of the device, but the more difficult the preparation is.

2.Simulation of variable temperature characteristics of AlGaIn/GaN HEMT devices

2.1 Device Structure

According to the basic structure knowledge of AlGaIn/GaN HEMT device, the device structure is designed in the simulation software, and the specific structure is shown in Figure 2.

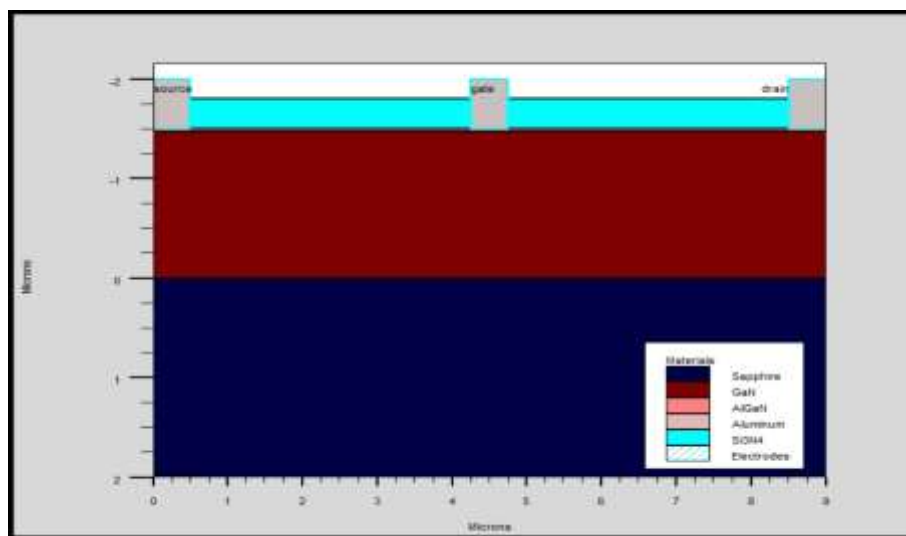


Figure 2 – Basic structure diagram of AlGaIn/GaN HEMT device

2.2 Influence of temperature on transfer characteristics

The transfer characteristics of HEMT devices generally show an S-shaped curve, which includes three important parameters: threshold voltage, saturation current, and transfer conductance. The transfer characteristics are simulated and analyzed, and the results are optimized to improve the performance and stability of the device. Under the device structure in this paper, the simulation conditions are: $V_d=1V$, $V_g=-8V\sim 0V$, $V_{step}=0.1V$. The simulation results are shown in Figure.3.

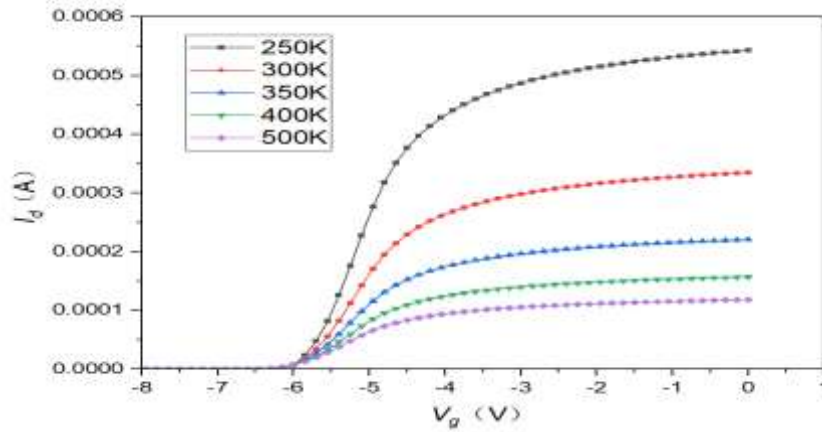


Figure 3 – Device transfer characteristics at different temperatures

Saturated drain current can reflect the carrier concentration and electron mobility of 2DEG. In general, the higher the carrier concentration of 2DEG, the better the electron mobility. It can be seen from the transfer characteristic curve that the saturated drain current I_d decreases with the increase of temperature, and the saturated drain current of 250K is the largest, which proves that 2DEG at this temperature has the highest carrier concentration and better electron mobility, which also means that the performance of the device deteriorates with the increase of temperature. The slope of the curve is that the slope of the transconductance of 250K is the largest, and the transconductance value is also the largest. The transfer characteristic diagram can observe the threshold voltage of the device. As shown in Figure 3, it can be roughly seen that the threshold voltage V_{th} of the device is about -6V.

The simulation extracted the threshold voltages of 250K, 300K, 350K, 400K and 450K. Table 1 shows the threshold voltage data at different temperatures. Through Table 1, It can be seen that the threshold voltage increases with the increase of temperature.

Table 1 – Threshold voltages of devices at different temperatures

Temperature (K)	Threshold voltages (V)
250	-6.0
300	-5.96
350	-5.91
400	-5.82
450	-5.70

In additio, combined with Figure 3, we can further find that with the increase of temperature, the threshold voltage of the device increases, but the saturation drain current decreases. At 250K, the threshold voltage of the device is minimum, but the drain current is maximum. This indicates that the output performance of the device may be better at lower temperatures, but it also faces the risk of limiting the stability of the device. On the contrary, with the increase of temperature, the threshold voltage will increase, but the drain current will decrease, so that the thermal stability of the device will be enhanced. Therefore, when selecting the operating temperature of the device, it is necessary to consider the performance, stability and actual working conditions of the device.

2.3 Influence of temperature on output characteristics

The output characteristic is also an essential feature of simulation for Al-GaN/GaN HEMT devices. This feature can help us to understand the variation of the output current and output voltage of the device with the grid voltage, so as to evaluate the performance of the device. Output power is the product of output current and output voltage, which is an important index to measure the performance of the device. Under the device structure simulated in this paper, the simulation conditions are: given $V_g = -5V$ and $V_g = -3.5V$, $V_d = 0 \sim 12V$, and $V_{step} = 0.2V$.

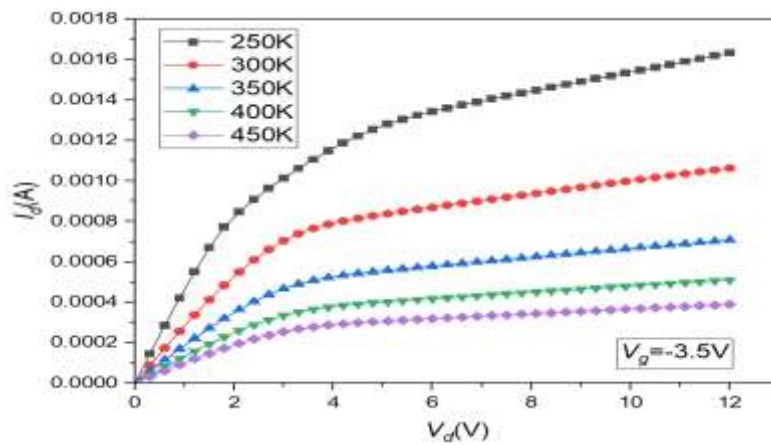


Figure 4 – Output characteristics of the device at $V_g = -5V$

A comparative analysis of Figure 4 and Figure 5 shows that when V_g increases from $-5V$ to $-3.5V$, the output current increases at the same temperature, indicating that with the increase of V_g , the output current increases, and the electron mobility in the device also increases, proving that the output characteristics are controlled by V_g . At the same temperature, with the increase of the grid voltage, the grid voltage reaching saturation current also increases. Under the same gate voltage, the high temperature

device reaches the saturation output current with relatively low gate voltage. the series resistance between source and drain of devices with high temperature is larger, which will lead to the decrease of channel electric field strength and electron saturation rate, so higher drain voltage is needed to achieve electron saturation rate.

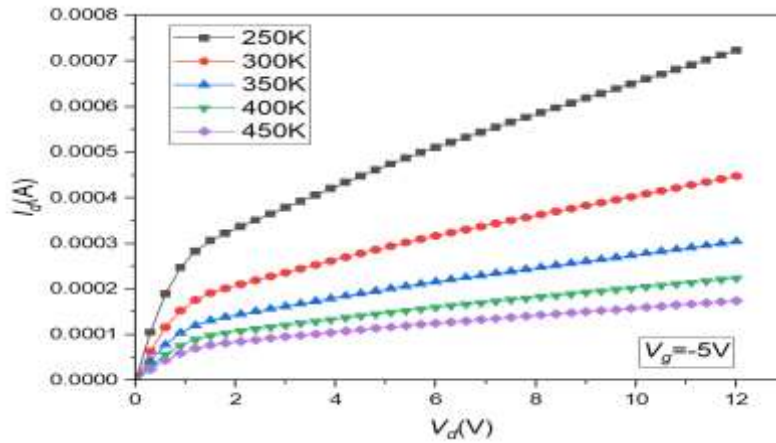


Figure 5 – Output characteristics of the device at $V_g = -3.5V$

2.4 Influence of temperature on energy band characteristics

In semiconductors, conduction band refers to the band with the highest electron energy, and valence band refers to the band with the lowest electron energy. The energy difference between them is called the band gap, and the size of the band gap determines the conductive property of the semiconductor.

This simulation extracts the conduction band peaks and valence band peaks of 250K, 300K, 350K, 400K and 450K, and lists all the values in Table 2.

Table 2 – Conduction band peak, valence band peak and Forbidden bandwidth of the device at different temperatures

Temperature (K)	Conduction band peak (eV)	Valence band peak (eV)	Forbidden bandwidth (eV)
250	8.97293	5.08580	3.88713
300	8.95137	5.08665	3.86482
350	8.92730	5.08746	3.83984
400	8.90098	5.08850	3.81248
450	8.87266	5.08968	3.78298

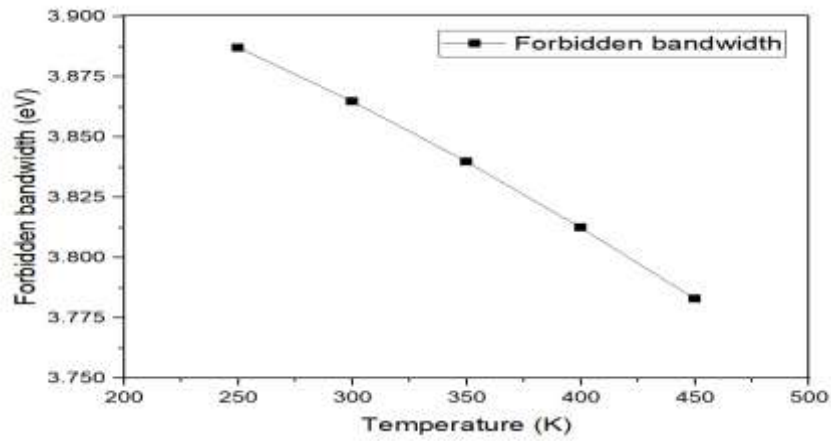


Figure 6 – Influence of temperature on forbidden bandwidth

It can be seen more intuitively from Figure 6 that the forbidden bandwidth decreases with the increase of temperature. In GaN, as the temperature increases, the thermal excitation of electrons and holes in the semiconductor material increases, leading to changes in the band structure. With the increase of temperature, the band gap of valence band and conduction band will shrink, which will lead to the increase of effective mass of electrons and holes, which is not conducive to the aggregation of 2DEG, and thus lead to the decrease of electron mobility. As a result, the performance of HEMT devices decreases with increasing temperature.

The above simulation results show that in terms of transfer characteristics, the carrier concentration decreases with the increase of temperature, which proves that the electron mobility of the device decreases with the increase of temperature. In terms of output performance, under a certain gate voltage, the output curve decreases with the increase of temperature, indicating that the electron mobility of the device decreases with the increase of temperature. From the point of view of the change of device energy band at different temperatures, the band gap will shrink with the increase of temperature, which will also lead to the reduction of electron mobility. These characteristics all reflect the increase of temperature and the decrease of electron mobility of the device.

4 Concluding Remarks

With the development of The Times, the development of GaN materials and GaN HEMT devices has attracted much attention from various countries. In this paper, only high temperature characteristics of GaN HEMT devices are studied, but simulation results show that GAN HEMT devices perform better at low temperatures, and their per-

formance is improved by increasing electron mobility and carrier concentration. In areas such as aerospace and medical devices, where device performance is demanding, equipment is not only required to operate at high temperatures, but also to operate at extremely low temperatures. Therefore, the research on low temperature characteristics can be carried out based on this paper in the future to further understand the advantages of GaN HEMT devices and promote its application in more fields.

Список литературы

1. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванов, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

2. Хуке М.А., Элиза С.А., Рахман Т. и др. Зависящая от температуры аналитическая модель для характеристик тока-напряжения алгана/ганского силового хемта [J]. Твердотельная электроника, 2009, 53(3) : 341-348.

3. Яо З.В., Чжу Х., Ли И.Л. и др. Изучение характеристик ловушек под обратным пьезоэлектрическим действием в устройствах AlGaIn/GaN HEMT при комнатной температуре и низкой температуре [J]. Наука и техника, 2023, 38(5) : 35520-35528.

References

1.Computer modeling of efficiency of finishing procedures and parasite elements in the software and hardware complex of designing chips / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

2.Huque M.A., Eliza S.A., Rahman T. et al. Temperature dependent analytical model for current–voltage characteristics of AlGaIn/GaN power HEMT[J]. Solid-State Electronics, 2009, 53(3) : 341-348.

3.Yao Z.W., Zhu H., Li Y.L. et al. Investigation of trap characteristics under the inverse piezoelectric effect in AlGaIn/GaN HEMT devices at room temperature and low temperature[J]. Semiconductor Science and Technology, 2023, 38(5) : 35520-35528.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Лу Ситянь¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В настоящем документе представлен метод разработки интеллектуальной системы управления экспериментальными данными микроэлектронных продуктов, которая обеспечивает сбор, хранение, запрос, анализ и визуальное отображение экспериментальных данных и обеспечивает мощную информационную поддержку и основу для принятия решений в области исследований и разработок, производства и контроля качества микроэлектронных продуктов. Изучение температурных характеристик устройств GaN HEMT рассматривается в качестве примера, иллюстрирующего применение экспериментальной системы интеллектуального управления данными для микроэлектронных продуктов.

Ключевые слова: моделирование, база данных, информационная система, GaN материалы, GaN HEMT устройства.

DESIGN AN INTELLIGENT DATA MANAGEMENT SYSTEM FOR MICROELECTRONIC PRODUCTS

Lu Xitian¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper introduces the design method of intelligent management system for experimental data of micro-electronic products, which realizes the collection, storage, query, analysis and visual display of experimental data, and provides powerful data support and decision-making basis for the research and development, production and quality control of micro-electronic products. The study of temperature characteristics of GaN HEMT devices is taken as an example to illustrate the application of experimental data intelligent management system for microelectronic products.

Key words: modeling, database, information system, GaN materials, GaN HEMT devices.

With the increase and complexity of research and development data and production information of micro-electronic products, it is impossible for traditional micro-electronic data management methods to manage experimental data by increasing the number of recording personnel. The efficiency of manual recording is low and the error rate is high, so it is difficult to meet the needs of rapid iterative research and development. Without the use of software to monitor and observe process experimental data, adequate quality control cannot be carried out at all stages of the product production cycle. Therefore, it is necessary to develop an intelligent management system for automatic collection, efficient storage, fast query and in-depth analysis of experimental data, so as to significantly improve the efficiency and accuracy of data management.

1. System Architecture Design Ideas

The system is divided into data layer, support layer and application layer, and each layer works cooperatively to realize effective management and analysis of experimental data of microelectronics products. Figure 1 Hierarchical structure of the system.

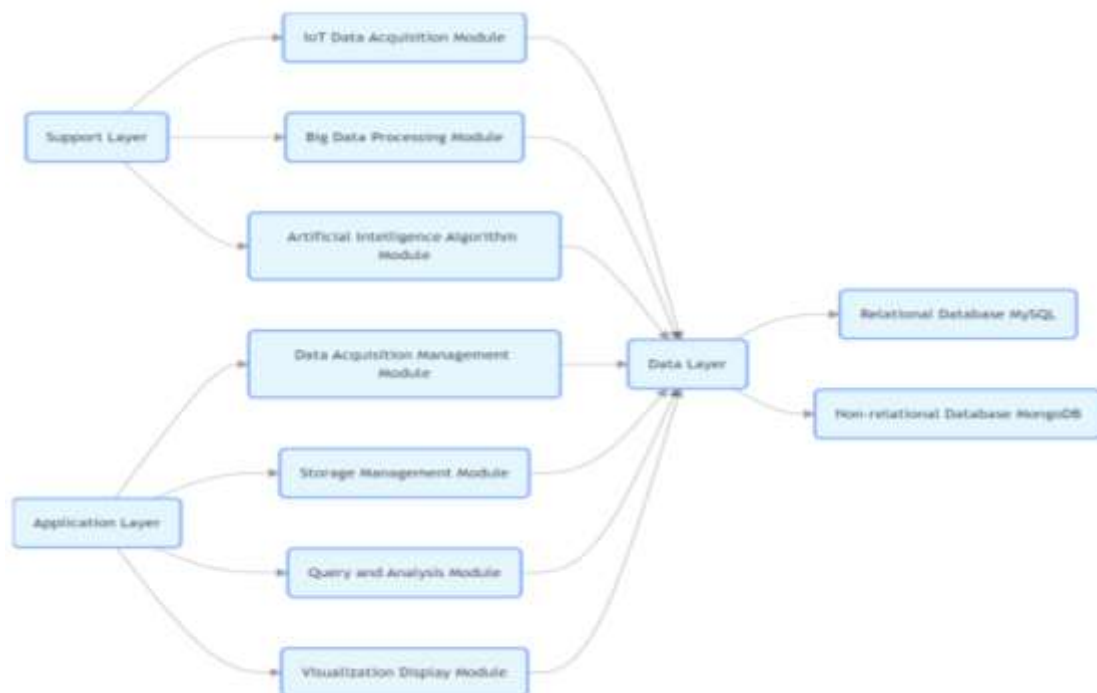


Figure 1 – Hierarchical structure of the system

The system is divided into data layer, support layer and application layer, and each layer works cooperatively to realize effective management and analysis of experimental data of microelectronics products. As the data storage and management core of the whole system, the data layer consists of the relational database MySQL and the non-relational database MongoDB. MySQL is responsible for storing structured data,

and uses its transaction processing and data consistency guarantee mechanism to ensure the accuracy and integrity of data. MongoDB is used to store unstructured and semi-structured data to adapt to the diversity of experimental data of micro-electronic products. The support layer provides key technical support and services for the system, including the Internet of Things data acquisition module, big data processing module and artificial intelligence algorithm module; the Internet of Things data acquisition module connects the experimental equipment to collect and transmit data in real time; the big data processing module uses relevant frameworks to process massive data; the artificial intelligence algorithm module integrates various algorithms for data analysis and mining; As an interactive interface between users and the system, the application layer contains functional modules such as data collection management, storage management, query analysis and visual display, etc., to meet users' needs for management and analysis of experimental data.

2 Intelligent data management system design

2.1 Data model design

The relational model is used as the basis of database design. Because of its mature theory, good structure and wide application support, the system can effectively meet the needs of microelectronic product experimental data management. The relational model organizes the data in a two-dimensional form, ensures the uniqueness and integrity of each record through a unique primary key, and clearly describes the relationship between experimental equipment, micro-electronic products, experimental items, experimental data and other entities, Figure 2.

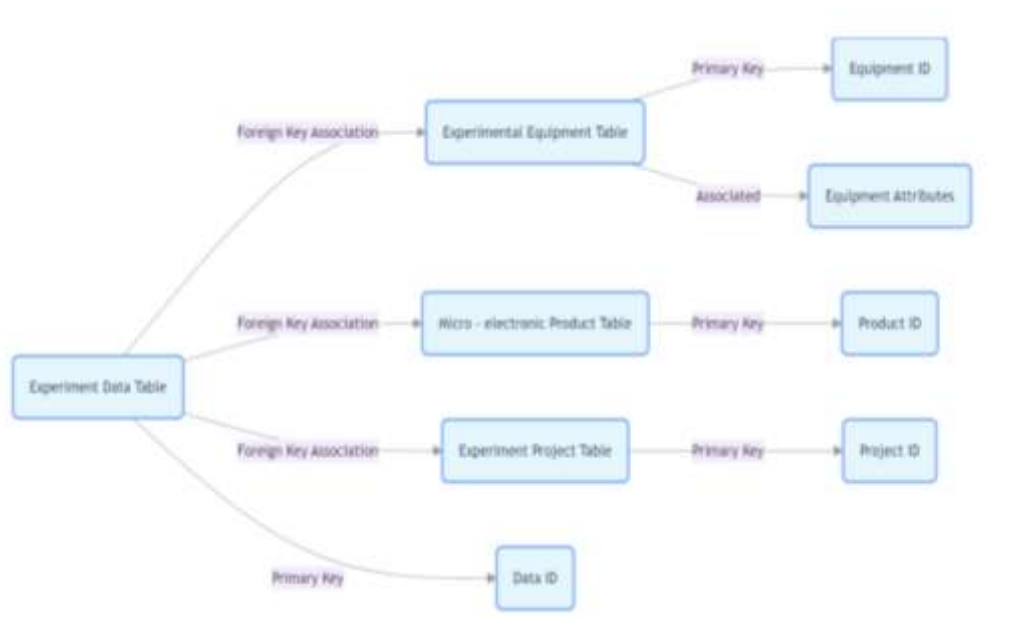


Figure 2 – Relationships between entities

2.2 Data acquisition and preprocessing

The system establishes a data quality monitoring mechanism to monitor equipment operation and collection status in real time during collection, and periodically evaluate data quality. By comparing with standard values, checking the consistency of key fields and different data sources, the data is accurate, complete and consistent. This system develops multi-source data acquisition interface, ADAPTS to RS232, RS485, USB, Ethernet and other common experimental equipment communication interface, and uses standardized communication protocols and drivers to ensure data transmission. For file data source and database data source, the system uses file reading library and database connection library respectively to collect data to realize automatic data collection and provide data basis for subsequent analysis. Data cleaning is the key to ensure data quality. The system uses a variety of methods to identify and delete duplicate data with unique identifiers, fill in missing values with mean, median, and common values according to data characteristics, and detect and process outliers with the help of the 3σ principle and machine learning algorithm. In the format conversion, the date and time data is converted to standard format, the type conversion and normalization of numerical data are carried out to improve data quality and provide reliable data for subsequent analysis.

2.3 Data Storage and Management

This system uses distributed storage technology to solve the problem of mass data storage. To improve query efficiency, the system classifies data properly. According to the experimental project and data type, as an experimental project and different types of performance, process, test data are classified separately. For structured data, the database comes with B-tree, hash and other indexes; For unstructured data, Elasticsearch builds a full-text index.

2.4 Data Permission Management

The system adopts RBAC model to ensure data security, defines administrator, R&D, test and other roles, and assigns corresponding permissions. The relationship between users and roles and roles and rights is many-to-many. According to the classification and classification of data, set permissions according to the importance and sensitivity of confidential, sensitive, and open levels. The user can obtain the permission list when logging in and verify the operation in real time. Illegal operation will be rejected and logged to prevent data leakage and abuse.

2.5 Data analysis and mining

In order to deeply explore the value of experimental data of micro-electronic products, the system constructs a multivariate analysis model according to the characteristics of data. Aiming at the nonlinear relationship between performance parameters and process conditions, a multiple linear regression model was adopted, with chip performance as the dependent variable and process conditions as the independent variable, and parameters were determined through a large number of data training to provide a basis for process optimization. In terms of classification and clustering, experimental data are clustered by K-Means algorithm to assist product classification management and quality control. SVM algorithm is used to train the model with known quality samples to predict the quality of new products. In addition, the system uses a variety of data mining algorithms, Apriori algorithm mining experimental parameter correlation, such as lithography, etching and chip frequency relationship; The fault diagnosis model is constructed by decision tree algorithm. Neural network algorithm uses historical data to build fault prediction model to improve product reliability.

2.6 Visual analysis display

In order to help users intuitively understand the experimental data of micro-electronic products, the system uses multiple visual display analysis results. The bar chart compares the performance of different batches of products, such as the chip operating frequency, and AIDS quality control and process improvement through the high difference of the bar; The line chart shows performance changes over time, such as chip power consumption, to facilitate analysis and optimization of power consumption; The pie chart shows the proportion of data, such as the proportion of product fault types, to help solve problems. The system also provides data reports to list data indicators in tables, such as performance test reports covering product models, test time, etc., for easy query and comparison. Visualization helps users understand data, discover rules, and provide decision support for product research and development.

3 Application of intelligent management system for experimental data of micro-electronic products

3.1 Data model design

In order to manage the temperature characteristic test data of GAN-based HEMT devices comprehensively and accurately, we use a relational model to build a database. The relational model has a mature theoretical system, good structural characteristics and wide application support, and can clearly describe the relationship between entities

such as device information, experimental conditions and temperature characteristic data. Next, Visio will be used to draw the entity relationship diagram, Figure 3, to show the relationships between the individual tables.

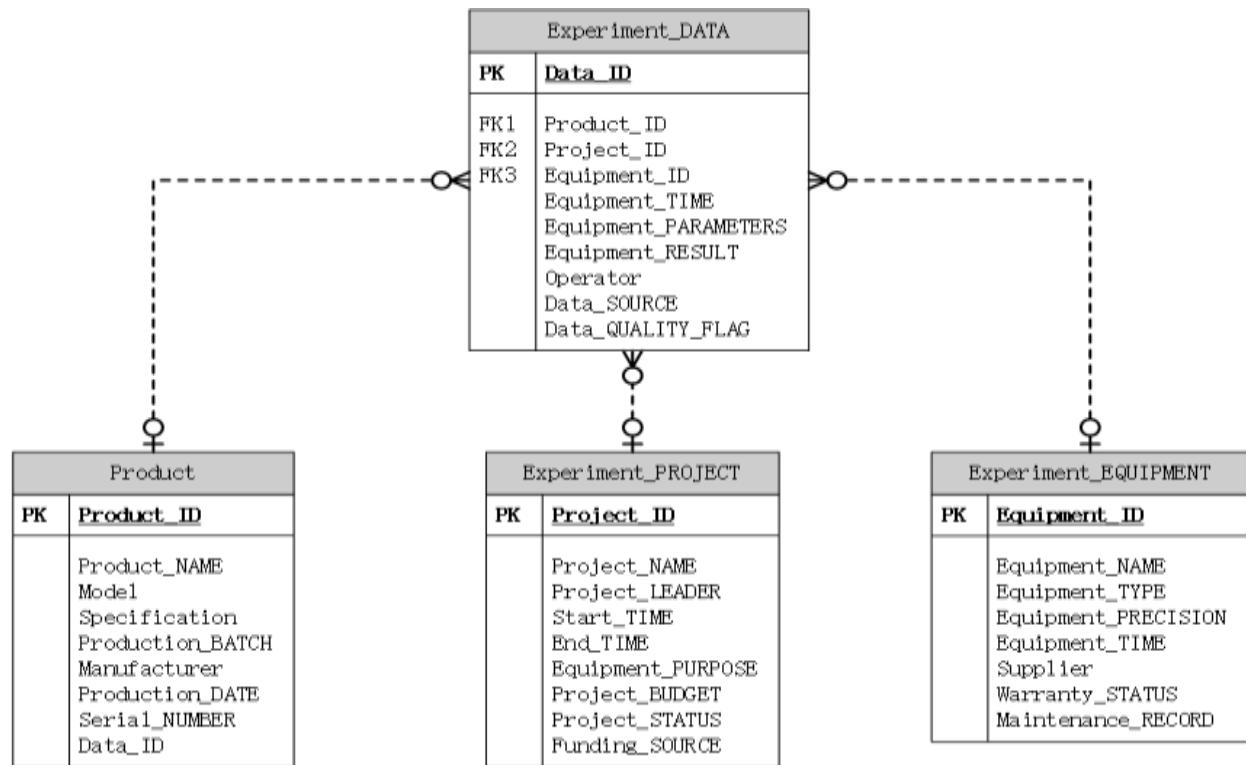


Figure 3 – Entity relationship diagram

The relationship between EXPERIMENT_DATA and PRODUCT indicates that the experimental data was generated based on a particular product, that is, the experimental data "used" a product. The relationship between EXPERIMENT_DATA and EXPERIMENT_EQUIPMENT indicates that the experimental data is collected by a specific experimental equipment, that is, the experimental data "uses" a certain experimental equipment. The relationship between EXPERIMENT_DATA and EXPERIMENT_PROJECT indicates that the experimental data belongs to a particular experimental project, that is, the experimental data "belongs" to a certain experimental project.

SQL language constraint mechanisms, such as primary key constraint to ensure the uniqueness of each record, foreign key constraint to ensure the accuracy of the association between data, check the value range of the constraint specification to ensure data integrity and consistency.

3.2 Data acquisition and preprocessing

(1) Multi-source data acquisition interface: high-precision temperature sensor, voltage sensor and current sensor are connected to GAN-based HEMT devices, and the

sensor transmits data to the acquisition terminal through the RS485 interface. According to the characteristics of temperature change, the temperature data collection frequency is set to once per minute, and the voltage and current data collection frequency is set to once every 10 seconds. Develop Python-based data acquisition program, read sensor data using serial communication library, and store it in temporary files.

(2) Data cleaning and conversion: Using Python's Pandas library to identify and delete duplicate data through unique identification; For missing values, the linear interpolation method is used to fill them according to the distribution of data. Detect and handle outliers with the 3 sigma principle. The timestamp data is converted to standard date-time format, the voltage and current data is converted to floating point number type, and the normalization process is carried out.

(3) Data quality monitoring: Establish a data quality monitoring mechanism to monitor the operating status of the sensor and the integrity of data acquisition in real time during the collection process. The quality of the collected data is evaluated regularly to ensure the accuracy and consistency of the data through comparison with historical data and statistical analysis. Prompt alert and manual intervention when data quality issues are identified.

3.3 Data Storage and Management

(1) Distributed storage technology: Ceph distributed storage system is used to store the temperature characteristic test data of GAN-based HEMT devices. Based on the RADOS architecture, Ceph utilizes the CRUSH algorithm to manage the storage and placement of copies of data, providing data redundancy and high availability. At the same time, the erasure code technology is introduced to divide data into blocks and generate check blocks for decentralized storage to improve storage efficiency.

(2) Data classification and index: Data are classified and stored according to experiment number and data type, such as voltage and current data under different temperature experiments. For structured temperature, voltage and current data, use the B-tree index of MySQL database; For unstructured data such as lab reports, build a full-text index using Elasticsearch. Periodically maintain and optimize indexes to improve data query efficiency.

(3) Data rights management: RBAC model is adopted for data rights management. Define the roles of administrator, researcher, experimenter, etc., and assign different operation permissions to each role.

3.4 Data analysis and mining

(1) Construct analysis model

Multiple linear regression model: With temperature as the independent variable and voltage, current and power as the dependent variable, a multiple linear regression model is constructed to analyze the influence of temperature on device performance. The model is trained by a large number of experimental data and the regression coefficient is determined.

K-Means clustering algorithm: The K-Means clustering algorithm is used to divide the device performance data at different temperatures into different clusters and identify the performance characteristics of the device at different temperature intervals.

(2) Application of data mining algorithm

Association rule mining: Uses the Apriori algorithm to mine the correlation between temperature, voltage, and current to discover potential rules and trends.

Fault diagnosis model: The decision tree algorithm is used to build a fault diagnosis model with temperature, voltage, current and other parameters as characteristics, so as to quickly locate the possible fault causes of the device under different temperatures.

3.5 Visual analysis display

(1) Visual chart design

In temperature characteristic experiments of GAN HEMT devices, scatter plots are often used to analyze the correlation between voltage and current. Transfer characteristics and output characteristics are essential for experimental simulation of Al-GaN/GaN HEMT devices.

The transfer characteristic refers to the current relationship between the source and drain at different gate voltages, which can help us understand the working state and performance of the device. The transfer characteristics are simulated and analyzed, and the results are optimized to improve the performance and stability of the device. The simulation conditions are: $V_d=1V$, $V_g=-8V\sim 0V$, $V_{step}=0.1V$. The simulation results are shown in Figure 4.

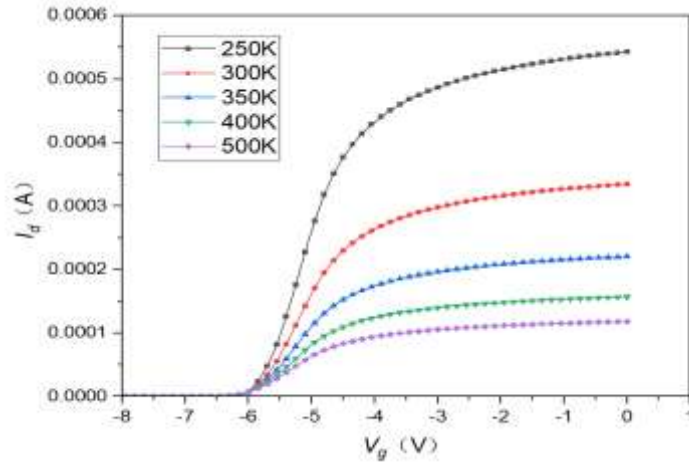


Figure 4 – Device transfer characteristics at different temperatures

The output characteristics can help us understand the variation of the output current and output voltage of the device with the grid voltage, so as to evaluate the performance of the device. The simulation conditions are as follows: given $V_g = -5V$ and $V_g = -3.5V$, $V_d = 0 \sim 12V$, $V_{step} = 0.2V$. The simulation results are shown in Figure 4 and Figure 5.

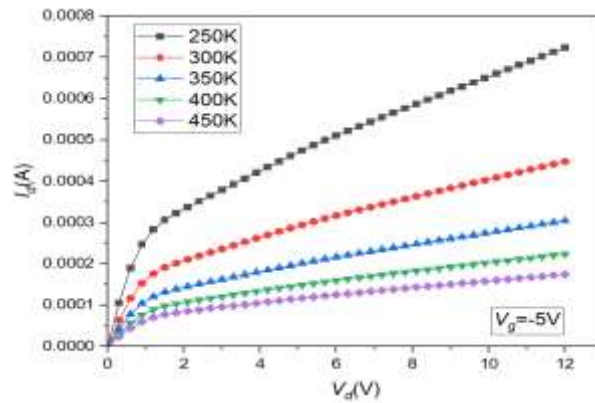


Figure 4 – Output characteristics of the device at $V_g = -5V$

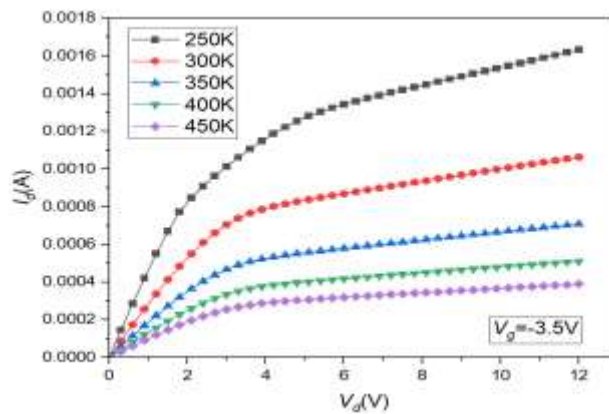


Figure 5 – Output characteristics of the device at $V_g = -3.5V$

(2) Data report generation

Generate detailed data reports, including experimental summaries, data analysis results, conclusions, and recommendations. The report is presented in the form of a combination of tables and charts, which is easy for users to read and understand.

Through the above design of product experimental data intelligent management system based on GAN HEMT device temperature characteristic test, data can be effectively collected, stored, analyzed and visually displayed, providing strong support for device development and optimization.

4 Conclusion

The database design adopts the relational model, carefully designs the database table structure, and formulates the reasonable data storage and backup strategy. In terms of function realization, the module development of data acquisition and preprocessing, data storage and management, data analysis and mining, system interaction and application is completed. In the future system design and implementation process, it is clear that the user's functional requirements for data collection, storage, management, analysis and sharing, as well as the performance requirements for data processing speed, reliability and security need to be improved.

Список литературы

1. Бантюков, С. М. Создание интеллектуальной системы управления качеством предприятия «Эталон» в авиационной промышленности / С. М. Бантюков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-15-23. – EDN YHXUPY.

2. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.

3. Лю Фаньнин, Ван Юэ, Сунь Рюйша и др. Разработка и внедрение системы управления данными об эффективности использования авиационных средств [J]. Журнал информационной науки и техники, 2024, 22 (8) : 7-11 + 15. DOI: 10.16661 / j.carol carroll nki. 1672-3791.2403-5042-1614.

4. Сюй Гуансюй, Лю Чуаньонг, Ли Бинглин. Моделирование и проектирование баз данных в процессе разработки системы управления данными [J]. Морская съемка и картографирование, 2003, (03) :40-42+53.

5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

6. Акименко, А. В. Алгоритм расчета теплопритоков холодильника / А. В. Акименко, Е. А. Аникеев, Р. Ю. Медведев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

7. Реализация оптимального построения комбинационного устройства и оценка надежности по выходному напряжению / Ф.В. Макаренко, А.С. Ягодкин, К.В. Зольников, О.А. Денисова // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 130-139. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-130-139.

8. Зольников В.К., Гамзатов Н.Г., Анциферова В.И., Полуэктов А.В., Фиронов В.А. Экспериментальные исследования радиационного воздействия на микросхемы FRAM // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 16-24.

9. Имитационное моделирование деформативных показателей ведомственных автомобильных дорог, укрепленных шлакосиликатным вяжущим / И. А. Викулин, В. В. Зиновьева, О. С. Никульчева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.

References

1. Bantyukov, S. M. creation of intellectual quality management system of the enterprise "etalon" in the aviation industry / S. M. Bantyukov // Simulation of systems and processes.– 2024. – Т. 17, № 2. – С. 15-23. – DOI 10. 12737/ 2219 – 0767 – 2024 – 17 – 2 – 15 – 23. – EDN YHXUPY.

2. Vysotskaya, I. A. Substantiation of information and intellectual support of principles of operation of technical systems / I. A. Vysotskaya // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10. 12737/ 2219 – 0767 – 2024 – 17 – 1 – 19 – 26. – EDN DCEATL.

3. Liu Fannin, Wang Yue, Sun Ruisha et al. Development and implementation of aviation performance data management system [j]. Journal of information science and technology, 2024, 22 (8) : 7-11 + 15. Doi: 10.16661 / j.carol carroll nki. 1672-3791. 2403-5042-1614.

4. Xu Guangxu, Liu Chuanyong, Li Binglin. Database modelling and design in the development of the data management system [j]. Marine surveying and mapping, 2003,(03).

5. Computer simulation of the operability of finishing procedures and parasitic elements in the software and hardware complex of microcircuit design / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – VOL. 17, No. 3. – PP. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

6. Akimenko, A.V. Algorithm for calculating refrigerator heat flows / A.V. Akimenko, E. A. Anikeev, R. Y. Medvedev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-7-15. – EDN GAZNTP.

7. Zolnikov V.K., Gamzatov N.G., Antsiferova V.I., Poluektov A.V., Fironov V.A. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 16-24.

8. Poluektov, A.V. Modeling of oscillatory processes in the MVSTUDIUM package / A.V. Poluektov, K.V. Zolnikov, V.I. Antsiferova // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 139-148. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-139-148.

9. Simulation modeling of deformative indicators of departmental highways reinforced with slag silicate binder / I. A. Vikulin, V. V. Zinovieva, O. S. Nikulcheva [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 24-31. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-24-31. – EDN JPHRZY.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕИСПРАВНОСТЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, В.К. Зольников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье описаны основные проблемы неисправностей беспилотных летательных аппаратов. Рассматриваются наиболее распространенные поломки рамы, неисправности моторов, повреждения регулятора оборотов. Несоблюдение инструкций и технологических регламентов, неправильная транспортировка или хранение БПЛА, ошибки операторов при подготовке дронов и пилотировании могут привести к ряду поломок и неисправностей.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, рама, мотор, регулятор оборотов, полетный контроллер, камера, силовые провода, неисправность.

MAIN PROBLEMS OF MALFUNCTIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, V.K. Zolnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article describes the main problems of unmanned aerial vehicles malfunctions. The most common frame failures, motor malfunctions, and speed controller damage are considered. Failure to comply with instructions and technological regulations, improper transportation or storage of UAVs, operator errors during drone preparation and piloting can lead to a number of breakdowns and malfunctions.

Keywords: drones, frame, motor, speed controller, flight controller, camera, power wires, malfunction.

Для проведения аппаратной и программной дефектовки используется стандартный набор для сборки беспилотника. Рассмотрим наиболее распространенные поломки рамы:

1) раскрученные болты;

При полете появляется сильная тряска, провалы по высоте, горячие моторы. При возникновении такого рода проблем необходимо подтянуть все болты. Для крепления моторов и основных частей рамы используется синий фиксатор резьбы. Фиксатор резьбы обладает свойствами создавать прочные соединения между металлическими или другими материалами. Он также используется для предотвращения самораскручивания винтов, гаек и обеспечения устойчивости соединений. Не рекомендуется использовать фиксатор на винтах верхней деки, винтах пропеллеров. При откручивании болта, на который ранее был нанесен фиксатор, рекомендуется его прогреть, чтобы ослабить действие фиксатора резьбы.

2) расслоение рамы – состояние, при котором слои рамы начинают отделяться и отклеиваться друг от друга. В основном такая проблема возникает у карбоновых рам из-за больших ударов и нагрузок на них. Симптомы похожи, как и при раскрученных болтах. Эту проблему можно решить, максимально залив место расслоения эпоксидным клеем. После нанесения клея необходимо плотно зажать место расслоения в слесарные тиски, не допуская при этом чрезмерного «пережима» и оставить на несколько часов, а в дальнейшем, как можно скорее заменить часть расслоенной рамы.

3) поломка, деформация узла рамы или сломанный луч;

Эта поломка определяется визуальным осмотром. Такие поломки не подвергаются ремонту. Для профилактики поломки рамы тщательно осматривайте беспилотник каждый раз перед полетом и особенно после падения. Сломанную раму следует заменить.

Рассмотрим возможные неисправности моторов.

1) перегрев моторов;

У разных моторов рабочая температура имеет различные значения. Если мотор нагрелся до такой степени, что при касании невозможно держать мотор больше пары секунд, то это явный признак перегрева мотора. Помимо тактильного обнаружения можно также услышать посторонние шумы. Перегреваться мотор может по многим причинам: посторонние предметы между статором и ротором, неисправный подшипник (трещащий или шуршащий звук). Для предотвращения проблемы перегрева моторов необходимо проводить визуальный осмотр после ремонта, слушать работу моторов во время полетов, проводить тактильный осмотр моторов после полетов;

2) почерневшая обмотка мотора;

Данная проблема выражается в потере цвета обмотки мотора и заявленных характеристик. В процессе перегрева мотора лак начинает выгорать и менять цвет. Такой мотор продолжает свою работу, но не работает в привычном режиме. Проявляется это проблема в том, что могут появиться просадки на моторе, периодическое заваливание беспилотника. Продолжительная эксплуатация такого мотора приведет к короткому замыканию обмоток и сгоранию мотора. В случае почерневшей обмотки мотора необходимо перемотать обмотку статора, соблюдая диаметр сечения проволоки, вид намотки и количество витков на каждом зубце, либо заменить мотор. Для предотвращения возникшей проблемы необходимо проводить визуальный осмотр моторов.

3) повреждение силовых проводов;

После столкновения и падения силовые провода мотора могут быть повреждены, вследствие чего мотор будет работать некорректно. Если поврежден один провод, то мотор будет дергаться и не будет раскручиваться полностью. При поврежденной изоляции силовой провод может соприкасаться с рамой, вследствие этого может произойти короткое замыкание. При нарушении изоляции провода необходимо при помощи изолянты или термоусадки восстановить изоляцию. Перебитый провод запаивается. Если повреждения провода слишком велики, необходимо отрезать провод слева и справа от места повреждения, для удобства необходимо наращивать длину по несколько миллиметров, либо заменить одним проводом. Места пайки необходимо изолировать термоусадочной трубкой. Для предотвращения проблемы необходимо проводить визуальный осмотр и использовать защиту проводов из пластика или использовать пластины для удлинения проводов.

4) не прокручивается колокол мотора;

Возникает эта проблема при падениях. В процессе перегрева мотора лак начинает выгорать и менять цвет. Эта проблема может привести к тому, что колокол в моторе не прокручивается или прокручивается через силу. Вследствие падения может забиваться грязь между ротором и статором, физически не давая провернуться ротору. Это приводит к короткому замыканию обмоток и сгоранию мотора. Чтобы избежать усугубления проблемы (перегрев мотора, выход из строя подшипников), необходимо заменить заклинивший колокол. Для замены заклинившего колокола требуется открутить болт или клипсу у основания мотора, вытянуть неисправный колокол, установить новый, вернуть болт или клипсу в начальное положение. В случае загрязнения мотора песком или грязью необходимо прокрутить ротор руками и после пары поворотов продуть мотор.

Если после таких действий мотор крутится свободно, но все равно слышен не-большой шум от остатков песка или грязи, то можно продолжить полет. Если не получается руками прокрутить мотор, то необходимо снять статор для его очистки. После снятия статора требуется промыть мотор под струей воды мягкой щеткой, чтобы не повредить обмотку. После чего следует продуть обмотку, статор и установить все на место.

Рассмотрим повреждения регулятора оборотов.

1) повреждение MOSFET;

Это проявляется нестабильной работой моторов беспилотника (самопроизвольное ускорение или замедление, отсутствие реакции на управление, короткое замыкание). Такая ситуация может возникнуть при несоблюдении технологии пайки, при падении беспилотника. Эту проблему можно решить заменой MOSFETа. Для предотвращения проблемы нужно соблюдать правила пайки, а также подбирать оптимальную температуру нагрева.

2) повреждение моторной дорожки;

Возникает из-за чрезмерного перегрева моторной дорожки при пайке или при ударе беспилотника. Мотор будет не работать или работать некорректно. Если повреждена одна дорожка, то мотор будет дергаться и не сможет раскручиваться полностью. Самым простым и надежным способом будет замена регулятора оборотов. Так как замена моторной дорожки может быть очень сложной, потребуются наличие специального оборудования. Для предотвращения проблемы необходимо не перегревать моторную дорожку при пайке, соблюдать правила пайки и подходящий размер жала паяльника.

3) перепутанные полюса силовых проводов или конденсатора;

Если перепутать полярность, то произойдет короткое замыкание и компоненты беспилотника сгорят. Основные причины, которые приводят к этому: неправильное соединение полярности проводов, некачественная пайка проводов и случайная капля припоя в месте соединения проводов. После сборки беспилотника нужно оценить состояние пайки и правильность подключения всех проводов питания. При выявлении места короткого замыкания необходимо перепаять провода, а также проверить работоспособность тех компонентов беспилотника, в которых обнаружено короткое замыкание. В случае неработоспособности требуется заменить сгоревшие компоненты. Для предотвращения проблемы необходимо проводить визуальный осмотр спаянных компонентов, особенно проводов, отвечающих за питание беспилотника.

4) загрязнение платы;

После пайки остаются остатки флюса, если флюс не активен. Если флюс не удалить, к нему могут налипать остатки пыли, которые могут вызвать перегрев электроники, а также короткое замыкание. Для очистки платы нужно распаять все провода, подключенные к ней, а в дальнейшем очистить плату изопропиловым спиртом.

Одной из возможных причин отсутствия питания полетного контроллера или отсутствия какой-либо индикации при подключении FC к компьютеру является повреждение кабеля питания, а также неисправность кабеля USB. Для предотвращения таких проблем следует избегать жестких падений беспилотника.

При повреждениях камеры может возникнуть проблема в отсутствии фокуса. Во время полета картинка может стать нечеткой и размытой. Зачастую это происходит из-за сбитого фокуса камеры. Решением данной проблемы будет ослабление контргайки объектива, необходимо покрутить объектив на камере, пока фокус не придет в норму. Для предотвращения такой проблемы следует проверять фокус камеры перед полетом, а также избегать жестких падений беспилотника.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytreet" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // Способы, модели и алгоритмы управления модернизационными процессами : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.
5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.
6. Заревич А.И., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В. Моделирование поведения мобильных роботов с использованием генетических алгоритмов // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 7-16.
7. Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С., Зольников К.В., Денисова О.А., Полуэктов А.В. Обзор логических базисов и микросхем при построении комбинационного устройства с учетом надежности// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 1. – С. 115-124.
8. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.
9. Ягодкин А.С., Зольников В.К., Скворцова Т.В., Ачкасов А.В., Кузнецов С.А., Макаренко Ф.В. Разработка алгоритмов и программ анализа электрических характеристик БИС // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 136-148.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.
2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.
3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.]

// Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // Methods, models and algorithms for managing modernization processes: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

6. Zarevich A.I., Makarenko F.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V. Modeling the behavior of mobile robots using genetic algorithms // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 7-16.

7. Makarenko F.V., Yagodkin A.S., Zolnikov K.V., Denisova O.A., Poluektov A.V. Review of logical bases and microcircuits in the construction of a combination device with reliability in mind // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 115-124.

8. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.

9. Yagodkin A.S., Zolnikov V.K., Skvortsova T.V., Achkasov A.V., Kuznetsov S.A., Makarenko F.V. Development of algorithms and programs for analyzing electrical characteristics of BIS // Modeling of systems and processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – pp. 136-148.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРОВ В БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, К.В. Зольников¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается аккумулятор – один из важных компонентов беспилотных летательных аппаратов. Аккумуляторы обеспечивают фактическую мощность, необходимую двигателям для взлета, и от их работы во многом зависит общее время полета, скорость и стабильность аппарата. Рассмотрены основные типы аккумуляторов, их строение, а также типы зарядок, их режимы, рекомендации по уходу за батареями.

Ключевые слова: аккумулятор, литий-полимерный, литий-ионный, батарейка, силовой кабель, ячейки, энергоемкость.

USE OF BATTERIES IN UNMANNED AERIAL VEHICLES

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, K.V. Zolnikov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the battery, one of the important components of unmanned aerial vehicles. Batteries provide the actual power required by the engines for takeoff, and their operation largely determines the total flight time, speed, and stability of the vehicle. The main types of batteries, their structure, as well as types of charging, their modes, and recommendations for battery care are considered.

Keywords: battery, lithium polymer, lithium ion, battery, power cable, cells, energy capacity.

Аккумулятор – неотъемлемая часть беспилотника, при помощи которой осуществляется питание всей электроники на борту. Подключение аппаратуры осуществляется через силовой кабель. Он передает энергию на регулятор оборотов, который в дальнейшем распределяет ее по всей системе.

Чаще всего используются аккумуляторы двух видов:

1) литий-полимерные для максимальной мощности;

2) литий-ионные для большой дистанции;

Они имеют свои преимущества и недостатки.

Литий-полимерные батареи – перезаряжаемые батареи, использующие литий-ионную технологию, в которой вместо жидкого электролита используется полимерный электролит. Электролит формируется из высокопроводящих полутвердых (гелеобразных) полимеров и состоит из нескольких аккумуляторов, в которых реализована литий-ионная технология, позволяющая хранить большое количество энергии в компактном и легком корпусе. Литий-полимерный аккумулятор состоит из силового провода, балансировочного провода, защитной оболочки, внутри которой находятся ячейки, где хранится энергия, таких ячеек несколько. Каждая ячейка имеет определенное напряжение, полностью заряженная ячейка имеет напряжение 4,2 вольта. Напряжение со всех ячеек суммируется и выводится в силовой разъем.

Литий-ионный аккумулятор – это перезаряжаемая батарея, в которой для хранения энергии используется обратимое превращение ионов лития. Отрицательный электрод обычных литий-ионных батарей обычно представляет собой графит, разновидность углерода. Литий-ионная батарейка имеет максимальное напряжение на одну ячейку 4,2 вольта, а максимально разряженное ее состояние – 2,8 вольта.

Очень важно учитывать эти значения, так как если опустить напряжение ниже минимального, то батарейка начинает уходить в деградацию. Движение химических элементов замедляется, и батарейка теряет свою энергоемкость. Разрядка аккумулятора до критических значений приводит к тому, что при последующей зарядке она может хранить в себе меньший объем энергии.

В батарейке существует два типа соединения ячеек:

1) параллельное соединение (P) дает большую емкость аккумулятора;

2) последовательное соединение (S) увеличивает суммарное напряжение батарейки.

При эксплуатации аккумулятора в холодную погоду нужно учитывать, что его емкость снижается на 30-40%. Учитывая это, не стоит допускать просаживание емкости каждой ячейки. Прежде чем производить полеты в холодную погоду необходимо разогреть аккумулятор в теплом помещении и установить на беспилотник. После того, как полеты были завершены, аккумулятор следует извлечь из беспилотника и также поместить его в теплое помещение. При использовании

аккумулятора в жаркую погоду он сильно нагревается и при таких процессах может произойти вздутие или возгорание, поэтому при полетах нельзя допускать перегрева аккумулятора.

Аккумулятор имеет постоянную или пиковую токоотдачу. Токоотдачу (амперы) можно рассчитать по формуле: $(c - rating * \text{емкость}) / 1000$, где $c - rating$ заряда – единица измерения, для расчета максимальной безопасной силы тока, которой можно заряжать аккумулятор. Он указывается на сайте производителя аккумулятора.

Батарейка имеет два разъема: силовой и балансировочный.

1) Силовой разъем служит для передачи тока на беспилотник;

2) Балансировочный – необходим для зарядки, с помощью него считывается напряжение с каждой ячейки, а также выравнивается финальное напряжение на последних стадиях зарядки.

Каждый силовой разъем имеет связь с балансировочным разъемом. Размер разъема напрямую зависит от напряжения, которое выходит из батарейки. Как правило, чем больше напряжение и сила тока в батарейке, тем больший разъем используется.

Зарядки делятся на два типа:

1) программируемые зарядки, в которых можно выбрать тип аккумулятора, также в них происходит автоматическое отключение подачи тока при достижении полного заряда аккумулятора.

Могут работать в нескольких режимах:

– Fast charge – заряд аккумулятора происходит быстрее, но финальное напряжение каждой ячейки не калибруется;

– Charge – зарядка производится дольше, чем в предыдущем режиме, но при этом, она калибрует финальное напряжение каждой ячейки, доводя его значение до 4,2 вольт;

– Storage – заряд каждой ячейки доводится до значения 3,8 вольт для того, чтобы батарейка не деградировала при длительном хранении. Используется, когда в ближайшее время не планируются полеты;

– Discharge – используется для того, чтобы понизить напряжение в аккумуляторе, возможно понижение значения до нуля.

2) непрограммируемые зарядки покупаются под определенный тип аккумулятора и в них не регулируется подаваемый ток. Есть риск перезарядить батарейку, поэтому они нуждаются в детальном контроле, чтобы ее не испортить.

Непрограммируемые зарядки не рекомендуется использовать, так как они небезопасны и могут испортить аккумулятор.

При выборе зарядки следует учитывать количество портов, так как при длительных полетах требуется зарядка нескольких аккумуляторов одновременно.

При зарядке аккумулятора очень важно соблюдать:

- 1) правильно выбирать тип аккумулятора;
- 2) правильно выбирать количество передаваемого тока;
- 3) не ставить зарядное устройство рядом с легковоспламеняющимися предметами;
- 4) не стоит использовать поврежденный аккумулятор и вздутые батарейки.

Если произошло возгорание аккумулятора нужно отключить зарядное устройство от питания, поместить аккумулятор в металлическую емкость и предотвратить попадание кислорода. Аккумуляторные батареи нельзя тушить водой, это приведет к еще большему возгоранию.

Рассмотрим один из способов восстановления аккумулятора, когда в ходе полетов он разрядился до критических значений. Подключаем аккумулятор к зарядному устройству и выставляем другой тип аккумулятора, например, литий – ионный. Стоит учесть, что при подключении силового и балансировочного провода, зарядка не сможет считать напряжение с аккумулятора, поэтому во время восстановления аккумулятора к зарядному устройству подключается только силовой разъем. Выбрав тип зарядки литий-ионного аккумулятора при восстановлении литий-полимерного аккумулятора, производится зарядка на протяжении 1-2 минут. Далее меняется значение и выставляется зарядка литий-полимерного аккумулятора. При зарядке такого аккумулятора важно учитывать, что выставляется минимальное напряжение 0,1 ампера. Заряжать такую батарейку следует до тех пор, пока на каждой ячейке не будет напряжение 3,3 вольта. После проделанных действий можно отключить аккумулятор от зарядного устройства, произвести подключение, повторно присоединив балансированный провод, и выставить правильный тип аккумулятора.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.

5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванов, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.

6. Дмитриев, Е. А. Математическое моделирование и реализация информационно-расчетных задач «маскировка» / Е. А. Дмитриев, А. Ф. Тараканов, Е. А. Шипилова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.

7. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.

2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.
3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.
4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.
5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.
6. Dmitriev, E. A. Mathematical modeling and implementation of information and computational tasks "masking" / E. A. Dmitriev, A. F. Tarakanov, E. A. Shipilova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 32-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-32-42. – EDN DJJKYT.
7. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the bandpass filter design based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D. A. Achkasov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИГРЫ «ВОРОШИЛОВСКИЙ СТРЕЛОК»

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, В.С. Шапкин¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается описание основного оборудования, которое используется в игре «Ворошиловский стрелок». Обсуждается, какое оборудование лучше выбрать и кратко объясняются правила игры. Особое внимание уделяется выбору основных компонентов, такие как процесс, и подбор электрооборудования, которое помогает нам все соединить. Статья акцентирует внимание на полезности и интересности игры, которая может примениться как развитие эрудиции у студентов.

Ключевые слова: оперативная память, видеокарта, электрооборудование, кнопки, зумеры.

EQUIPMENT FOR THE GAME «VOROSHILOV SHOOTER»

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, D.M. Ohrimenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article describes the basic equipment used in the game "Voroshilov Sharpshooter". It discusses which equipment is best to choose and briefly explains the rules of the game. Particular attention is paid to the choice of the main components, such as the process, and the selection of electrical equipment that helps us connect everything. The article focuses on the usefulness and interest of the game, which can be used as a development of erudition in students.

Keywords: RAM, video card, electrical equipment, buttons, buzzers.

Уникальная игра «Ворошиловский стрелок» сочетает в себе тактику, стратегию, работу в коллективе, а также блистание своей эрудицией. Для любой игры нужно необходимое оборудование. Именно оно способствует более глубокому погружению в игру. Давайте рассмотрим самое основное оборудование, которое используется в игре.

Самый первый элемент оборудования – процессор. Лучше всего выбирать многоядерные процессы, такие как Intel Core i7, они обрабатывают большие объемы данных. Эти процессоры являются вершиной достижения компании Intel. Этот процессор является четырехядерным. В процессоре есть движок, который занимается обработкой расчетов в реальном времени.

Следующий компонент оборудования игры – видеокарта. Она дает нам качественное графическое изображение игры. Самая оптимальная из них это NVIDIA GeForce RTX 3060, имеет мощную архитектуру Ampere, что обеспечивает ей преимущество по сравнению с другими моделями. Видеокарты создают реалистичные эффекты и обеспечивают плавный игровой процесс, что особенно важно во время игры.

Оперативная память должна быть для игры не менее 16 ГБ, объем который позволяет работать с большими массивами данных, сокращает время загрузки обеспечивает переход между различными задачами.

Накопители нужны для скорости загрузки и работы с данными. Лучше использовать SSD-накопители объемом от 512 ГБ для установки операционной системы. Это значительно улучшает работу. Для хранения больших объемов данных можно использовать HDD-накопители (жесткий диск), позволяет сохранять большие объемы данных.

Игровые движки самое важное, что есть в игре. Самые распространенные из них Unity, которые обеспечивают поддержку модульной системы компонентов. У Unity есть два преимущества: наличие визуальной среды разработки и поддержка между платформами.

Графические редакторы также играют важную роль, здесь можно использовать Adobe Photoshop для 2D-дизайна. Это поможет создать качественную анимацию для игры.

Для тестирования игры стоит рассмотреть игровую консоль, например Xbox или PlayStation. Это позволит использовать игру на различных мобильных устройствах, в том числе на мобильных устройствах.

По поводу электрооборудования здесь понадобится шар, патрон, лампочка, электрический звонок, кнопка, провода. Надо взять обычный провод, который на 220 вольт. Левый конец соединяем с лампочкой., которая соединена со звонком, а третью жилу выводим на заземление. Одна из жил, заканчивается кнопкой, которая выводится на корпус. На правом конце будет вилка.

В игре можно использовать различные типы электровзвонков:

–электромеханические звонки: простые устройства, когда цепь замыкается издается звук;

–зуммеры: издадут шумный громкий звук, эти звонки больше подходя для игры;

–мелодичные звонки: устройства, которые проигрывают мелодии, тоже могут быть применены;

–сигнализации: могут включать световые индикаторы совместно со звуком, что придаст развлечения;

–беспроводные звонки: делают установку более мобильной, так как нет кучи проводов. Они могут работать на батарейках.

Для удобства может пригодиться не меньше двух удлинителей и четырех вилок.

Игра заключается в том, что одна команда играет против другой, давая ответы на вопросы. Каждый игровой модуль имеет свой цвет: синий, желтый, зеленый и красный. Ведущий начинает задавать вопросы из разных областей науки по одному вопросу. Система не пропускает нажатия два раза и фиксирует очередность. Если игрок знает ответ, он нажимает на кнопку, после чего раздается сигнал, что он нажал на кнопку. Если ответ верный, игрок соперник покидает игру. Главная задача, как можно быстрее выбить соперников из игры. Ведущий может давать информацию, немного подсказывая, чтобы приблизить игроков к ответу. Подсказывать нельзя, иначе игрок дисквалифицируется.

Если в течение двух минут команда не дала ответа, то из обеих команд удаляются по одному игроку.

Побеждает та команда в котором игрок остался в финале, а проигрывает та которая покинула игру.

Список литературы

1. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

2. Система мониторинга и оповещения о проникновении на территорию биосферного заповедника / А. С. Ягодкин, А. В. Ачкасов, Т. В. Скворцова [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами.

Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 631-637.

3. Разработка системы предупреждения водителей о возможном появлении животных на автомобильных дорогах / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов [и др.] // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023 : материалы Международного лесного форума, Воронеж, 13 октября 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 638-643.

4. Цифровое устройство мониторинга и анализа общего состояния дерева "Happytree" / А. С. Ягодкин, Т. В. Скворцова, А. В. Ачкасов, Д. В. Никитин // СПОСОБЫ, МОДЕЛИ и АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ : сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием, Киров, 22 мая 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2023. – С. 51-55.

5. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115.

6. Николенко, С. Д. Моделирование возникновения внутренних напряжений в сложной структуре материала / С. Д. Николенко, С. П. Козодаев, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Новикова, Т. П. Математическая модель интермодальных грузовых перевозок / Т. П. Новикова, С. А. Евдокимова, А. И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 62-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-62-70. – EDN ERRGGK.

References

1. Formalization of verification of topology and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A. M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 61-70.

2. Monitoring and warning system for intrusion into the territory of a biosphere reserve / A. S. Yagodkin, A. V. Achkasov, T. V. Skvortsova [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials

of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 631-637.

3. Development of a system for warning drivers about the possible appearance of animals on roads / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov [et al.] // Protection, innovative restoration and sustainable management of forests. Forestry – 2023: materials of the International Forestry Forum, Voronezh, October 13, 2023. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2023. – P. 638-643.

4. Digital device for monitoring and analyzing the general condition of a tree "Happytree" / A. S. Yagodkin, T. V. Skvortsova, A. V. Achkasov, D. V. Nikitin // METHODS, MODELS and ALGORITHMS FOR MANAGING MODERNIZATION PROCESSES: collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation, Kirov, May 22, 2023. – Ufa: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCES", 2023. – P. 51-55.

5. Computer modeling of the performance of finishing procedures and parasitic elements in the hardware and software complex for designing microcircuits / A. S. Yagodkin, N. N. Litvinov, P. S. Ivanin, A. S. Groshev // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 3. – P. 106-115.

6. Nikolenko, S. D. Modeling of the occurrence of internal stresses in a complex material structure / S. D. Nikolenko, S. P. Kozodaev, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 50-61. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-50-61. – EDN DIXFHX.

7. Novikova, T. P. Mathematical model of intermodal freight transportation / T. P. Novikova, S. A. Evdokimova, A. I. Novikov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 62-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-62-70. – EDN ERRGGK.

ВЫЯВЛЕНИЕ АППАРАТНЫХ ОШИБОК В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Е.И. Скворцова¹, А.С. Ягодкин¹, М.Г. Подгорный¹, А.С. Черняков¹,
Д.К. Корецкий¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье рассматривается необходимость своевременного выявления и устранения аппаратных ошибок в информационных системах, а также инструменты, которые могут помочь поддерживать их бесперебойную работу. Особое внимание в данной статье будет уделяться мониторингу аппаратных компонентов и своевременному выявлению сбоев, которые могут привести к потере данных или снижению общей производительности.

Ключевые слова: аппаратные ошибки, информационные системы (ИС), мониторинг, диагностика, отказоустойчивость.

DETECTION OF HARDWARE ERRORS IN INFORMATION SYSTEMS

E.I. Skvortsova¹, A.S. Yagodkin¹, M.G. Podgornyi¹, A.S. Chernyakov¹,
D.K. Koretsky¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article discusses the importance of timely detection and elimination of hardware errors in information systems, as well as tools that can help maintain their uninterrupted operation. Particular emphasis will be placed on monitoring hardware components and the timely detection of failures that may lead to data loss or reduced overall performance.

Keywords: hardware errors, information systems (IS), monitoring, diagnostics, fault tolerance.

Аппаратные ошибки всё еще остаются критическим фактором, влияющим на стабильность и производительность информационных систем (ИС).

Современные методы их диагностики и устранения является использованием специализированных утилит, инструментов мониторинга и меры, адаптированных для различных типов ИС — от корпоративных серверов до промышленных систем.

1. Мониторинг и анализ аппаратных параметров

Для предотвращения сбоев, связанных с перегревом или износом компонентов, применяются:

- **Утилиты сбора данных:**
 - **HWMonitor / Open Hardware Monitor** — мониторинг температуры процессоров, напряжения и скорости вентиляторов в реальном времени.
 - **Zabbix / Nagios** — интеграция датчиков температуры и нагрузки в систему управления инфраструктурой (актуально для ЦОД и промышленных ИС).
- **Пример применения:** В промышленных системах данные с температурных датчиков серверов передаются в централизованную систему, что позволяет предотвратить сбой из-за перегрева.

2. Диагностика памяти и накопителей

Ошибки ОЗУ и жестких дисков — частая причина нестабильности ИС. Ключевые инструменты:

- **MemTest86** — эта утилита используется для диагностики неисправностей ОЗУ, автоматически сканируя её на предмет сбоев при чтении и записи.
- **CrystalDiskInfo** — анализ SMART-параметров накопителей для предугадывания и возможного устранения отказов.
- **ЕСС-память** — автоматическая исправляет однобитовые ошибки, обычно она внедряется в серверные и/или промышленные системы.
- **Пример:** В корпоративных ИС резервирование данных на RAID-массивах (через **mdadm** или **Storage Spaces**) снижает риск потери информации при выходе жёстких дисков из строя.

3. Резервирование и отказоустойчивость

Для критически важных систем применяются:

- **Pacemaker** — управление кластерами с автоматическим переключением на резервные узлы.
- **DRBD** (Distributed Replicated Block Device) — синхронная репликация данных между серверами.

- **BIST** (Built-In Self-Test) — встроенные системы самотестирования микросхем (например, в контроллерах сетевого оборудования).

- **Пример:** В промышленных ИС дублирование источников питания и сетевых интерфейсов обеспечивает непрерывность работы даже при локальных отказах.

4. Анализ производительности и поиск узких мест

Инструменты для выявления скрытых проблем:

- **Intel VTune Amplifier** — профилирование нагрузки на CPU/GPU.
- **Valgrind / AddressSanitizer** — обнаружение утечек памяти и некорректных обращений к ОЗУ.

- **Splunk / ELK Stack** — анализ журналов системы для выявления паттерных ошибок.

- **Пример:** В распределенных ИС Splunk используется для корреляции аппаратных событий (например, перегрев сервера) с программными сбоями.

5. Статический анализ и обновления

- **Статические анализаторы:**
 - **Clang Static Analyzer** — выявление ошибок в коде, связанных с аппаратной совместимостью.
 - **PVS-Studio** — проверка исходного кода на уязвимости, влияющие на стабильность ИС.
- **Обновления микропрограмм:**
 - Регулярное обновление BIOS/UEFI и драйверов через утилиты вроде **fwupd** (поддержка Linux) или **Dell Command Update** (для серверов).

Список литературы

1. Крайнов, А. Ю. Разработка комплекса анализа ошибок в корпоративных информационных системах / А. Ю. Крайнов, А. А. Смагин // CyberLenika. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kompleksa-analiza-oshibok-v-korporativnyh-informatsionnyh-sistemah>.

2. Андреев, Д. Ю. Система автоматизированного поиска ошибок и неэффективностей в параллельных программах / Д. Ю. Андреев, А. С. Антонов // ResearchGate. — 2017. — URL:

https://www.researchgate.net/publication/317006506_Sistema_avtomatizirovannogo_poiska_osibok_i_neeffektivnostej_v_parallelnyh_programmah.

3. Тетерев, М. А. Метод обнаружения ошибок при работе с памятью на статическом этапе отладки программного обеспечения / М. А. Тетерев // DisserCat. – 2020. – URL: <https://www.dissercat.com/content/metod-obnaruzheniya-oshibok-pri-rabote-s-pamyatyu-na-staticheskom-etape-otladki-programmnogo?>

4. Герасимов, А. Ю. Классификация предупреждений о программных ошибках методом динамического символьного исполнения программ / Герасимов Александр Юрьевич // Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук. – ИСП РАН. – 2019. – URL: <https://www.ispras.ru/dcouncil/docs/diss/2019/gerasimov/dissertacija-gerasimov.pdf>

References

1. Krainov, A. Y. Development of a complex of error analysis in corporate information systems / A. Y. Krainov, A. A. Smagin // CyberLenika. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-kompleksa-analiza-oshibok-v-korporativnyh-informatsionnyh-sistemah>.

2. Andreev, D. Y. The system of automated search for errors and inefficiencies in parallel programs / D. Y. Andreev, A. S. Antonov // ResearchGate. – 2017. – URL: https://www.researchgate.net/publication/317006506_Sistema_avtomatizirovannogo_poiska_osibok_i_neeffektivnostej_v_parallelnyh_programmah

3. Teterev, M. A. Method of error detection when working with memory at the static stage of software debugging / M. A. Teterev // DisserCat. – 2020. – URL: <https://www.dissercat.com/content/metod-obnaruzheniya-oshibok-pri-rabote-s-pamyatyu-na-staticheskom-etape-otladki-programmnogo?>

4. Gerasimov, A. Y. classification of prerequisites for software errors by the method of dynamic symbolic program execution / Gerasimov, Alexander Yurievich // Diss. for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences. - SPANISH. – 2019. – URL: <https://www.ispras.ru/dcouncil/docs/diss/2019/gerasimov/dissertacija-gerasimov.pdf>

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО АВТОМАТА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО ЯДРА RISC-V ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ В БАЗИСЕ ПЛИС

А.В. Строгонов¹, О.Л. Бордюжа²

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

В работе рассматриваются вопросы разработки многотактного микропроцессорного ядра RISC-V с управляющим автоматом, созданным с помощью редактора конечных автоматов (State Machine Editor) в САПР Altera Quartus II для последующей реализации в базисе ПЛИС серии Cyclone V.

Ключевые слова: Ядро RISC-V, микропроцессор, программа, САПР, моделирование, конечные автоматы.

DEVELOPMENT OF A CONTROL MACHINE FOR A RISC-V MICROPROCESSOR CORE FOR IMPLEMENTATION IN THE FPGA BASIS

A.V. Strogonov¹, O.L. Bordyuzha²

¹Voronezh State Technical University

²Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The paper considers the development of a multi-cycle RISC-V microprocessor core with a control machine created using the State Machine Editor in the Altera Quartus II CAD system for subsequent implementation in the Cyclone V FPGA series.

Keywords: RISC-V core, microprocessor, program, CAD system, modeling, finite state machines.

Преимущество многотактного микропроцессорного ядра RISC-V заключается в том, что выполнение каждой команды происходит в несколько этапов.

Процессор может обходиться общей памятью для команд (ПЗУ) и данных (ОЗУ) а на разных этапах обработки требуется всего лишь один сумматор. У разных команд будет разное количество этапов, так что простые команды смогут выполняться быстрее, чем сложные.

Была поставлена задача реализовать управляющий автомат микропроцессорного ядра RISC-V с помощью редактора конечных автоматов (State Machine Editor) в САПР Altera Quartus II.

Особенностью данного проекта является то, что ПЗУ и ОЗУ микропроцессорного ядра реализованы на блочном ОЗУ ПЛИС размером 128 строк по 32 бита в каждой. Адресное пространство с 0 по 80 строку зарезервировано под тестовую программу (взята из работы [1]) а с 81 строки по 127 под ОЗУ данных. Существует проблема генерации САПР Quartus II конфигурационного файла из VHDL- кода. В ходе экспериментов было установлено, что для ее устранения необходимо между командами вставлять три пустые строки, по причине того, что счетчик команд увеличивает свое содержимое на 4, так как команды в RISC-V являются 4 байтовыми. На рис.1 слева продемонстрирована инициализация ПЗУ непосредственно из VHDL-кода. Используется двоичное представление содержимого памяти команд. Запись в ОЗУ осуществляется синхронно, начиная с адреса старше 80, а чтение, как памяти программ, так и данных идет в асинхронном режиме. По vhdl- коду памяти команд САПР генерирует заполненный значениями конфигурационный mif-файл (рис. 1).

На рис. 2 показан фрагмент схемы проекта многотактного процессорного ядра RISC-V в САПР Quartus II, а на рис.3 представлен управляющий автомат процессора, созданный с помощью редактора конечных автоматов (State Machine Editor). Функциональное моделирование и информационные потоки микропроцессорного ядра RISC-V показаны на примере выполнения первых двух команд типа I с кодами: 00500113 и 00C00193 (рис. 4).

Проект успешно реализуется в ПЛИС серии Cyclone V 5CSXFC6D6F31I7ES. Требуется адаптивных логических модулей – 2528; выделенных триггеров – 4449), 2 блока памяти емкостью 2048 бит. Максимальная тактовая частота синхросигнала, $f_{max\ CLK}$, (модель Slow 1100 мВ, 100 C) составила 67 МГц против 58 МГц для одноктактного процессорного ядра RISC-V в базе ПЛИС Cyclone V.

```

ENTITY MEMORY_SYNTH IS
PORT (CLK, Write_Enable: IN STD_LOGIC;
ADDR : IN STD_LOGIC_VECTOR(31 DOWNTO 0);
DATA : IN STD_LOGIC_VECTOR(31 DOWNTO 0);
OUTP : OUT STD_LOGIC_VECTOR(31 DOWNTO 0));
END MEMORY_SYNTH;

ARCHITECTURE a OF MEMORY_SYNTH IS
    TYPE vec_array IS ARRAY(0 TO 127) OF
STD_LOGIC_VECTOR(31 DOWNTO 0);
    SIGNAL RAM : vec_array := (
        0 => "00000000010100000000000100010011",
        1 => "00000000000000000000000000000000",
        2 => "00000000000000000000000000000000",
        3 => "00000000000000000000000000000000",
        4 => "00000000110000000000000110010011",
        5 => "00000000000000000000000000000000",
        6 => "00000000000000000000000000000000",
        7 => "00000000000000000000000000000000",
        ...
        80 => "00000000001000010000000001100011",
        OTHERS => (OTHERS => '0'));
BEGIN
PROCESS (CLK, ADDR, Write_Enable)
BEGIN
    IF rising_edge(CLK) THEN
        IF Write_Enable = '1' THEN
            IF to_integer(unsigned(ADDR)) > 80
THEN
                RAM(to_integer(unsigned(ADDR))) <= DATA;
                END IF;
            END IF;
        ND IF;
        outp <= RAM(to_integer(unsigned(ADDR)));
    END PROCESS;
END a;

```

Addr	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
0	00500113	00000000	00000000	00000000	00C00193	00000000	00000000	00000000
8	FF718393	00000000	00000000	00000000	0023E233	00000000	00000000	00000000
16	0041F2B3	00000000	00000000	00000000	004282B3	00000000	00000000	00000000
24	02728863	00000000	00000000	00000000	0041A233	00000000	00000000	00000000
32	00020463	00000000	00000000	00000000	00000293	00000000	00000000	00000000
40	0023A233	00000000	00000000	00000000	005203B3	00000000	00000000	00000000
48	402383B3	00000000	00000000	00000000	0471AA23	00000000	00000000	00000000
56	06002103	00000000	00000000	00000000	005104B3	00000000	00000000	00000000
64	008001EF	00000000	00000000	00000000	00100113	00000000	00000000	00000000
72	00910133	00000000	00000000	00000000	0221A023	00000000	00000000	00000000
80	00210063	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
88	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
96	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
104	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
112	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
120	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

Рисунок 1 – Фрагмент VHDL-кода ОЗУ (слева) и Конфигурационный mif-файл ОЗУ созданный САПР Quartus II по vhdл-коду (справа)

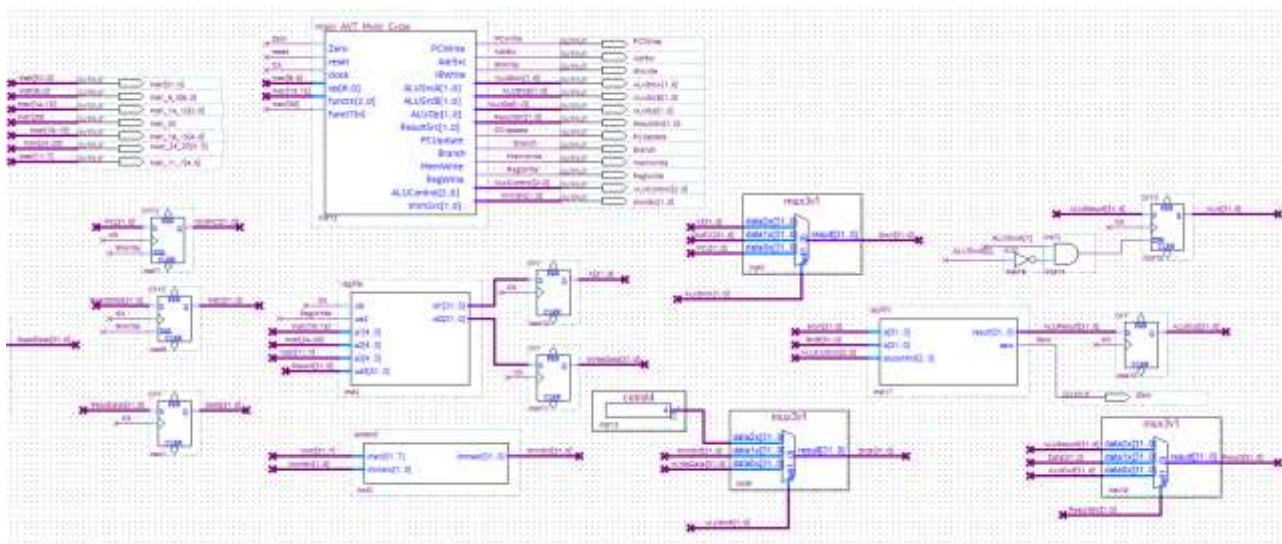


Рисунок 2 – Фрагмент схемы проекта многотактного микропроцессорного ядра RISC-V в САПР Quartus II

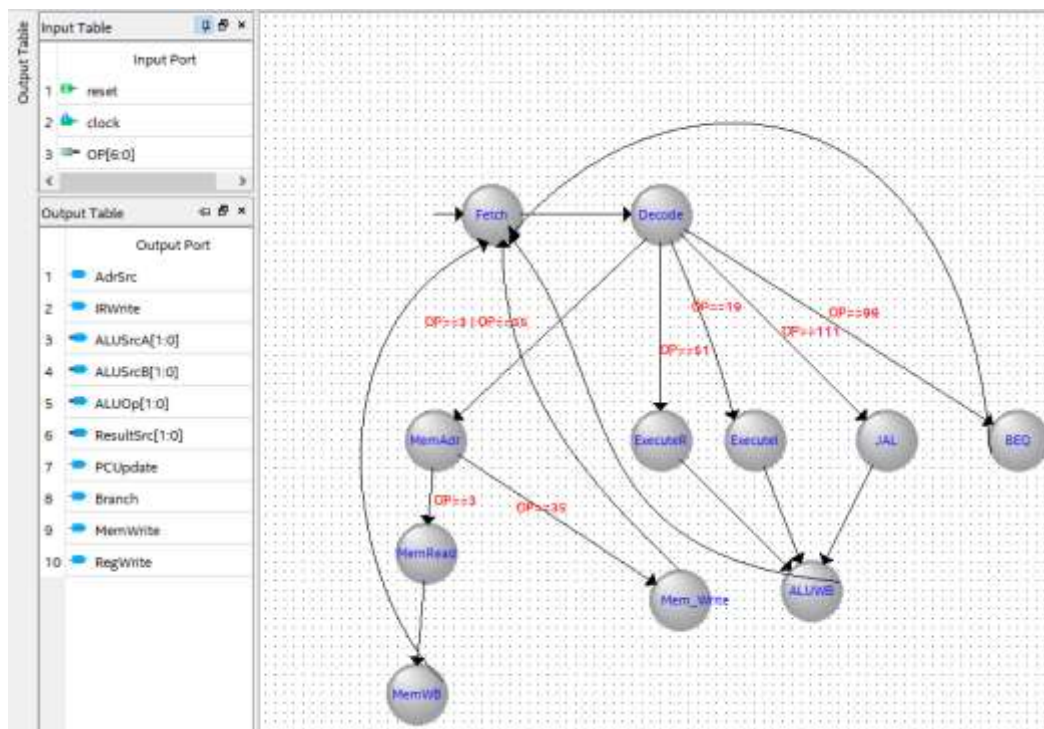


Рисунок 3 – Управляющий автомат многотактного микропроцессорного ядра RISC-V созданный с помощью редактора конечных автоматов (State Machine Editor)

References

1. Harris, Sarah L. Digital Circuit Design and Computer Architecture: RISC-V / Sarah L. Harris, David Harris; trans. from English by V.S. Yatsenkova, A.Yu. Romanov; edited by A. Yu. Romanov. - M.: DMK Press, 2021. - 810 p.
2. Stroganov, A. V. Open Source Software Tools for Designing RISC-V Processor Cores / A. V. Stroganov, O. L. Bordyuzha, A. I. Stroganov // Modeling of Information Systems and Technologies. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh, 2024. -P. 582-589.
3. Stroganov, A. V. International Experience in Developing RISC-V Processor Cores and Open Source Software Tools for Their Design / A. V. Stroganov, O. L. Bordyuzha, A. I. Stroganov // Electronics: Science, Technology, Business. 2024. No. 7 (238). -P. 156-164.
4. Gorbunov, V. G. Comparative analysis of the Prometheus methods and fuzzy relations in decision-making / V. G. Gorbunov, O. L. Bordyuzha, A. A. Pak // Modeling of systems and processes. -2024. -V.17, No. 1. - P. 42-56. - DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. - EDNLSMBMD/

ИССЛЕДОВАНИЕ RC-ФИЛЬТРА НИЗКИХ ЧАСТОТ (LPF) С ПОМОЩЬЮ СИМУЛЯТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

В.А. Талиманчук¹, А.А. Коваль¹, И.С. Кущева¹, Заревич А.И.¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье показаны результаты исследования RC фильтра низких частот (LPF) с помощью универсального симулятора электрических цепей. Было проведено моделирование временных и частотных характеристик, определение напряжения на резисторе, силы тока, преобразования Фурье выходного сигнала.

Ключевые слова: симулятор электрических цепей, фильтр низких частот, моделирование, исследование, характеристики.

INVESTIGATION OF THE RC LOW-PASS FILTER (LPF) USING AN ELECTRICAL CIRCUIT SIMULATOR

V.A. Talimanchuk¹, A.A. Koval¹, I.S. Kushcheva¹, A.I. Zarevich¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article shows the results of a study of an RC low-pass filter (LPF) using a universal circuit simulator. The time and frequency characteristics were modeled, the voltage across the resistor, the current strength, and the Fourier transform of the output signal were determined.

Key words: electrical circuit simulator, low-pass filter, modeling, research, characteristics.

RC-фильтры низких частот в связи с простотой конструкции, экономичностью и удобством в использовании, имеют широкий спектр применения в разных областях: радиотехнике и технике связи, системах сбора данных, системах источников питания и так далее.

В текущий момент имеется набор моделировщиков электронных схем [1,2], среди которых Qucsstudio занимает особое место, так как является крос-

сплатформенным продуктом с открытым кодом, написанным на C++ с использованием фреймворка Qt4 с интуитивно понятным интерфейсом. Поэтому данный пакет был выбран для проведения исследования RC фильтра низких частот.

С помощью предложенных компонент была создана схема LPF, представленная на рисунке 1.

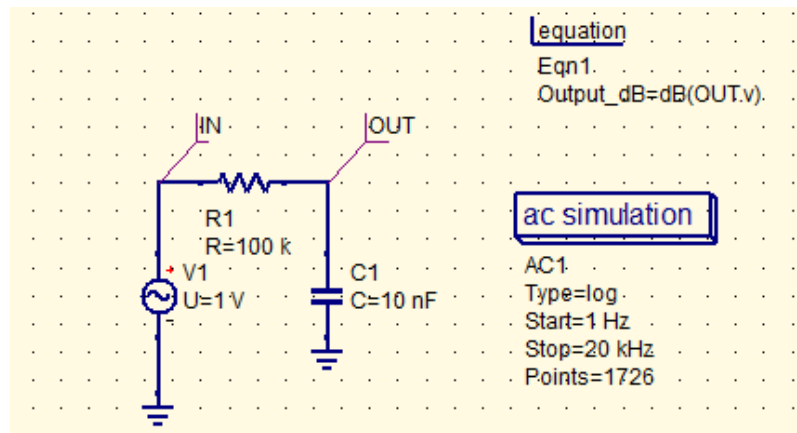


Рисунок 1 – Схема LPF из набора компонентов симулятора

Для этой схемы были получены четыре характеристики: амплитудно-частотная, линейная, логарифмическая и квадратичная (рисунок 2).

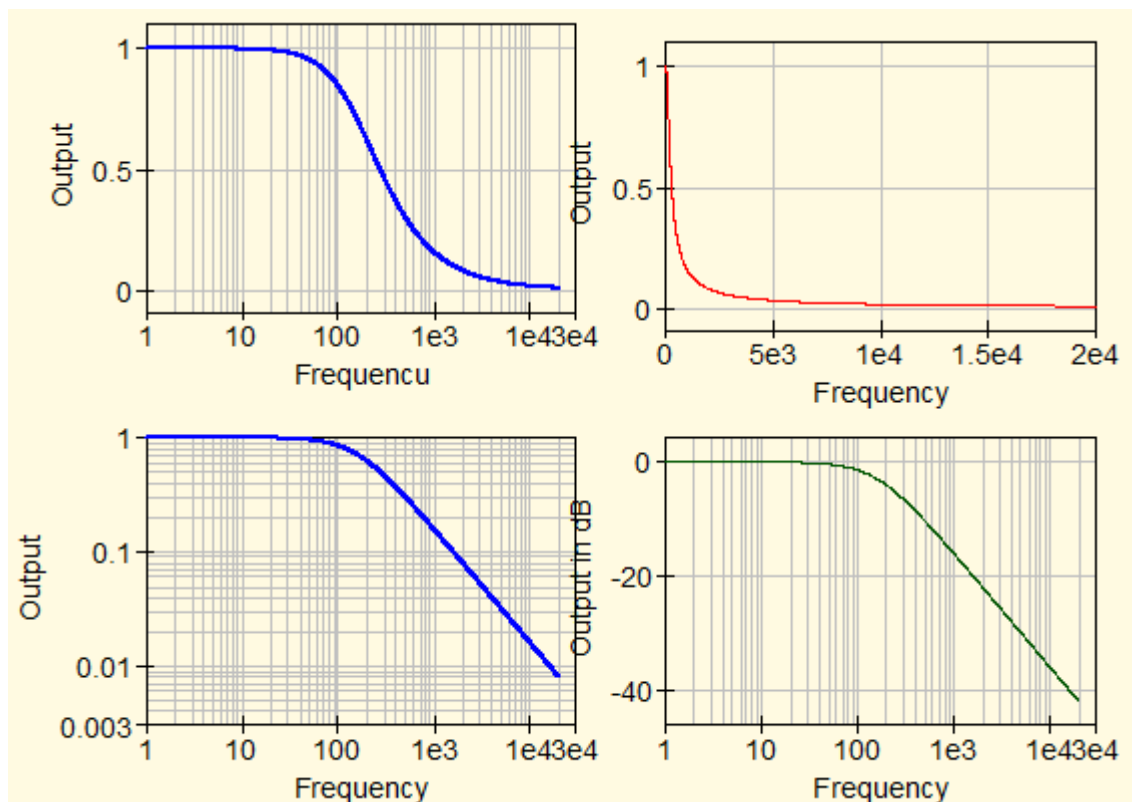


Рисунок 2 – Характеристики фильтра с амплитудой входного напряжения $U=1$

Далее был получен выходной сигнал низкочастотного фильтра при подаче на вход импульса с частотой $f=1\text{kHz}$ в течение 0,5 микросекунды.

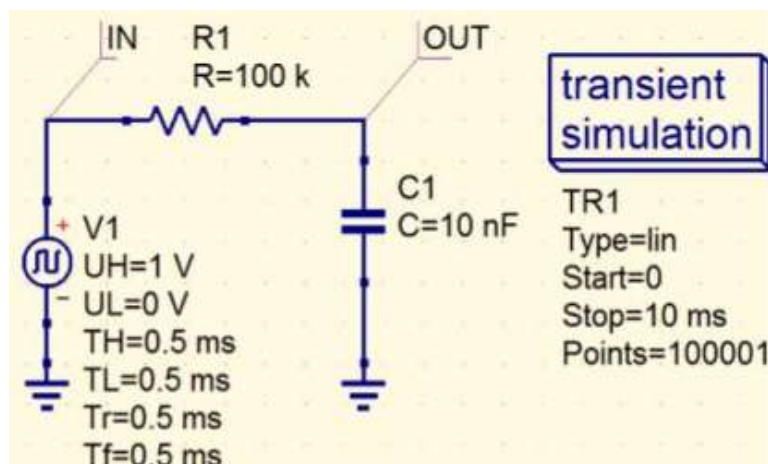


Рисунок 3 – Схема LPF с подачей на вход импульсного напряжения

В этом случае наблюдается длинный подъем и длинный спад по времени треугольного напряжения (рисунок 4).

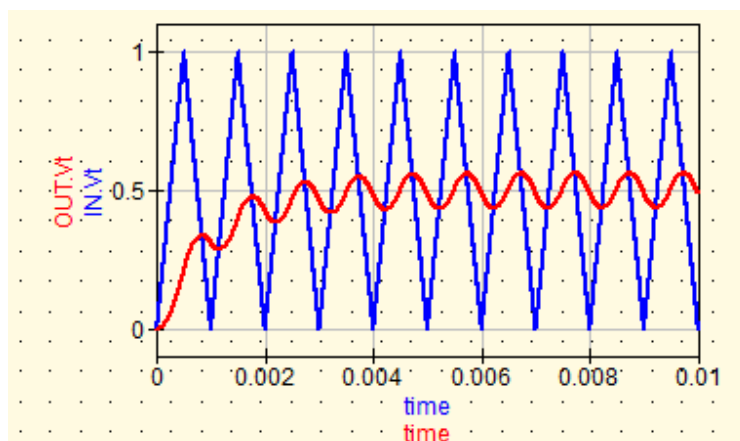


Рисунок 4 – Симуляция работы LPF для интервала 0...10 мс

Для того чтобы увидеть напряжение резистора $R1$, используется вольтметр $Pr1$, подключаемый параллельно $R1$ (рисунок 5).

При моделировании процесса были получены (рисунок 7) диаграммы представления входного напряжения ($IN\ VT$), выходного напряжения ($OUT\ VT$), напряжения на резисторе ($Pr1\ dVT$) и тока в цепи ($Pr2\ dVT$).

При моделировании, если кривая напряжения отличается от идеальной, необходимо использовать преобразование Фурье [3,4], для чего используется набор выборок, определяющий наивысшее значение частоты в выходном спектре, что необходимо для получения сглаженной кривой.

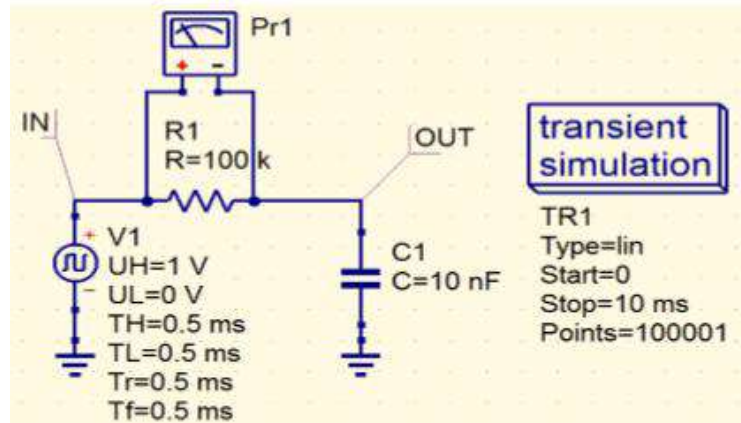


Рисунок 5 – Схема для демонстрации напряжения на резисторе R1

Для получения диаграммы тока в цепи, нужно присоединить последовательно емкости амперметр (рисунок 6).

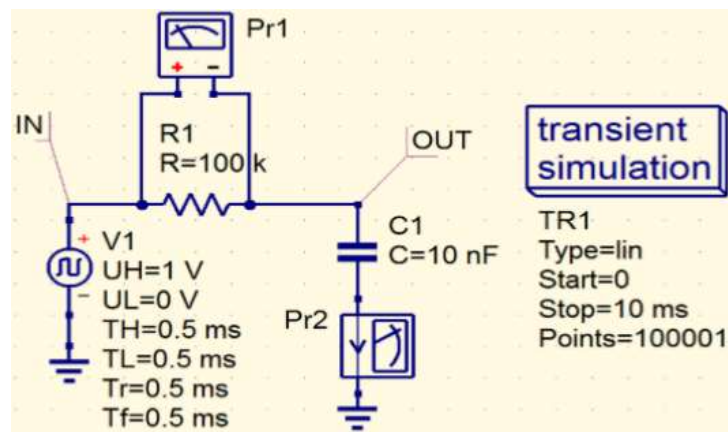


Рисунок 6 – Схема для получения диаграммы тока в цепи

Частота дискретизации не должна быть меньше, чем удвоенная верхняя существующая частота во входном сигнале для предотвращения «эффекта сглаживания». Было использовано 262144 временных шага и время симуляции 20 мс. В результате получается диаграмма (рисунок 9) входного (IN VT) и выходного (OUT VT) напряжений.

Можно представить входной сигнал в другой форме, например, в спектральном виде или децибелах (рисунок 10)

Тогда спектр выходного сигнала на линейной частотной шкале от 0 до 20000 Гц и от -100 до 0 dB будет выглядеть как на рисунке 11. Можно отметить, что фоновый шум уменьшается с увеличением частоты.

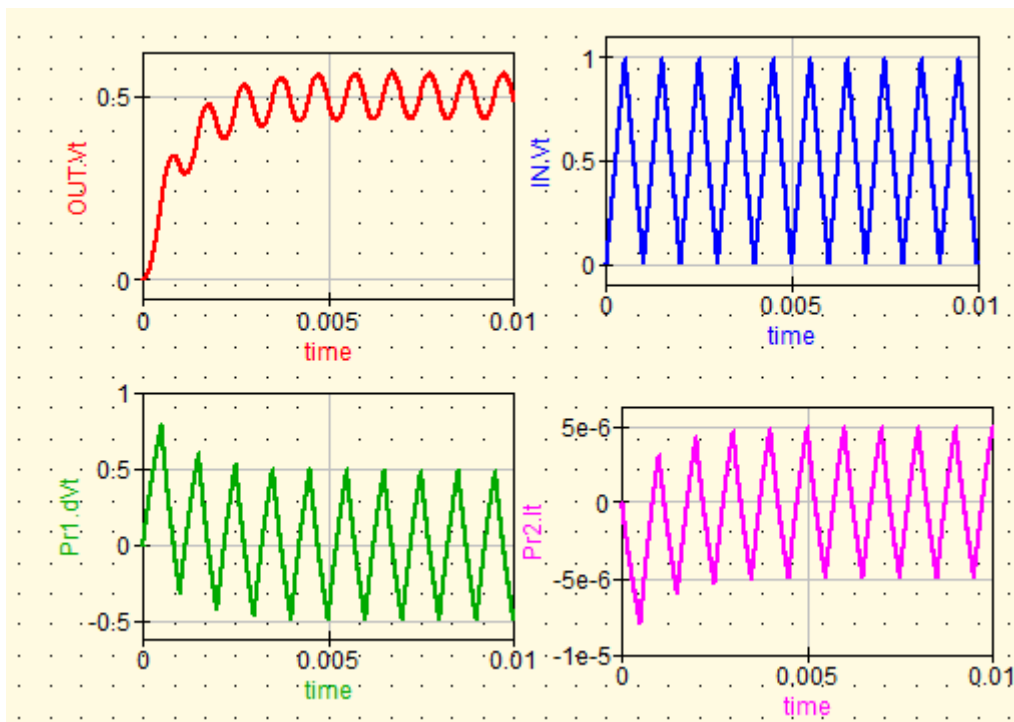


Рисунок 7 – Диаграммы работы низкочастотного фильтра

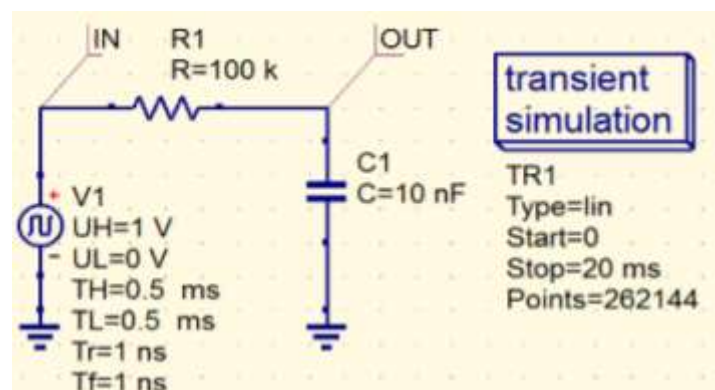


Рисунок 8 – Схема LPF для демонстрации преобразования Фурье

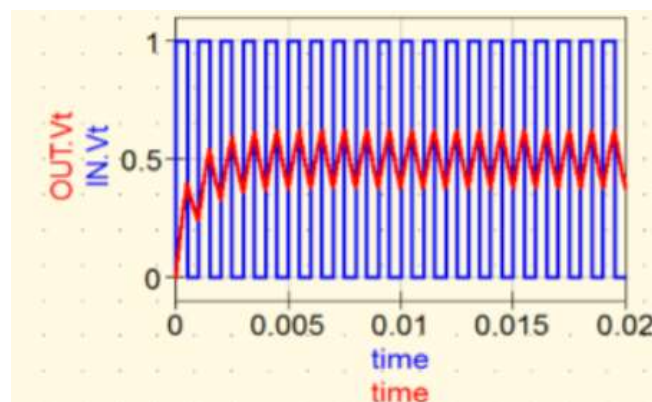


Рисунок 9 – Диаграммы в декартовых координатах преобразования Фурье

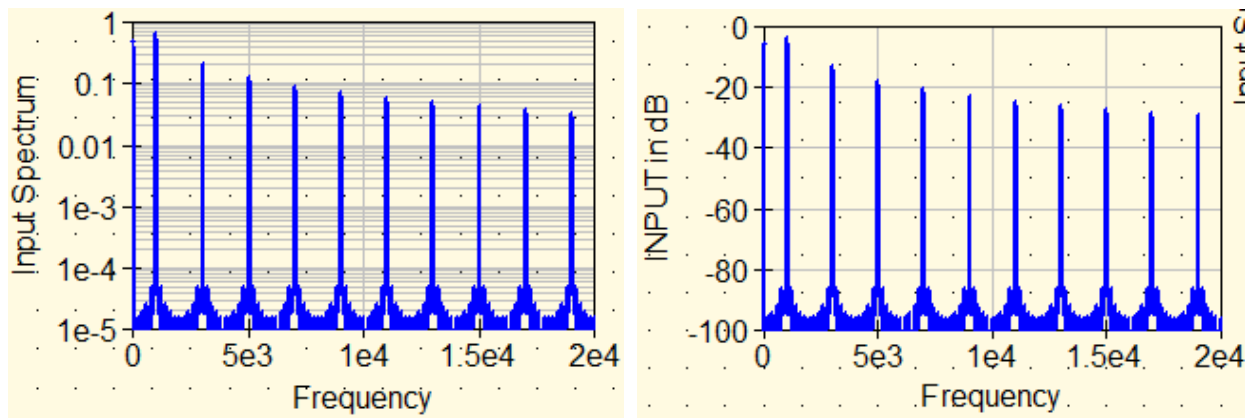


Рисунок 10 – Результат преобразования Фурье в виде спектральном виде и децибеллов

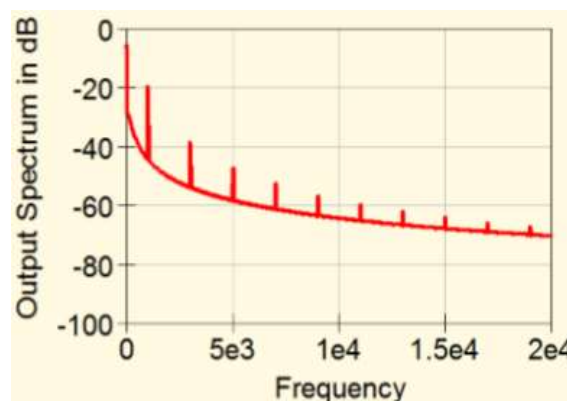


Рисунок 11 – Диаграмма выходного спектра при преобразовании Фурье

Таким образом, с помощью симулятора электрических цепей было проведено исследование RC фильтра низких частот (LPF). Были получены различные временные и частотные характеристики, по которым можно контролировать работу устройства.

Список литературы

1. Зольников, В. К. Обзор программ для САПР субмикронных СБИС и учет электрофизических эффектов глубоко субмикронного уровня / В. К. Зольников, А. Л. Савченко, А. Ю. Кулай // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 40-47.
2. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36.
3. Создание средств проверки электрической схемы с использованием схемы тестовых внешних воздействий / К. В. Зольников, Д. В. Шеховцов,

Н. Н. Литвинов, М. А. Солодилов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 36-44.

4. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70.

5. Создание поведенческой модели LDMOS транзистора на основе искусственной MLP нейросети и ее описание на языке Verilog-A / С. А. Победа, М. И. Черных, Ф. В. Макаренко, К. В. Зольников // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

References

1. Zolnikov, V. K. Review of submicron vlsi cad software and accounting for electrophysical effects of deep submicron level / V. K. Zolnikov, A. L. Savchenko, A. Yu. Kulai // Modeling of systems and processes. 2019. – Т. 12, No. 1. – С. 40-47.

2. Computer modeling of electrical circuit operability in design automation systems / V. K. Zolnikov, S. V. Stoyanov, E. V. Shmakov, N. N. Litvinov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, No. 3. – P. 26-36.

3. Creation of means of checking an electrical circuit using a circuit of test external influences / K. V. Zolnikov, D. V. Shekhovtsov, N. N. Litvinov, M. A. Solodilov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, No. 3. – P. 36-44.

4. Formalization of topology verification and electrical circuit for computer-aided design systems / T. V. Skvortsova, K. V. Zolnikov, A.M. Plotnikov, I. V. Skorkin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Т. 17, No. 3. – P. 61-70.

5. Creation of an LDMOS transient behavioral model based on an artificial MLP neural network and its description in the Verilog-A language / S. A. Pobeda, M. I. Chernykh, Ph. V. Makarenko, K. V. Zolnikov // Modeling of systems and processes. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – pp. 28-34. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-2-28-34.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИГРОВЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ: МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ RAY TRACING И AI-УСКОРЕНИЯ

Р.В. Тен¹, И.А. Кандауров¹, Е.А. Татаренков¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. Статья представляет собой обзор методов автоматизации проектирования игровых графических процессоров (GPU) с акцентом на оптимизацию архитектуры для поддержки технологий ray tracing (трассировка лучей) и AI-ускорения. Уникальность работы заключается в анализе методов оптимизации архитектуры, которые позволяют повысить производительность GPU в задачах рендеринга и AI-вычислений, а также сократить время разработки новых процессоров.

Ключевые слова: графические процессоры, AI-ускорение, Ray tracing, автоматизация проектирования, машинное обучение.

AUTOMATING THE DESIGN OF GAMING GRAPHICS PROCESSORS: ARCHITECTURE OPTIMIZATION METHODS FOR RAY TRACING AND AI ACCELERATION

R.V. Ten¹, I.A. Kandaurov¹, E.A. Tatarenkov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article provides an overview of methods for automating the design of gaming graphics processors (GPUs) with an emphasis on optimizing the architecture to support ray tracing and AI acceleration technologies. The uniqueness of the work lies in the analysis of architecture optimization methods that can improve GPU performance in rendering and AI computing tasks, as well as reduce the development time of new processors.

Keywords: graphics processors, AI acceleration, Ray tracing, design automation, machine learning.

Современные видеоигры требуют невероятной графической детализации и реалистичности, что делает графические процессоры (GPU) ключевым компонентом игровых систем. Однако проектирование GPU, способных эффективно обрабатывать такие технологии, как ray tracing (трассировка лучей) и AI-ускорение, становится всё сложнее. Автоматизация проектирования позволяет оптимизировать архитектуру GPU, сокращая время на её разработку и повышая её производительность.

Автоматизация в проектировании графических процессоров включает использование алгоритмов машинного обучения и генетического программирования для оптимизации микроархитектуры. Например, нейросети могут анализировать миллионы возможных конфигураций чипа, предсказывая их производительность в задачах рендеринга и AI-вычислений. Это позволяет инженерам сосредоточиться на наиболее перспективных вариантах, сокращая цикл разработки с месяцев до недель.

Кроме того, симуляторы, такие как Gem5 или GPGPU-Sim, моделируют работу графических процессоров на разных этапах проектирования. Они помогают оценить энергопотребление, тепловыделение и производительность ещё до создания физического прототипа. Например, компания Nvidia использует подобные инструменты для оптимизации расположения тензорных ядер в своих процессорах серии RTX.

Ray tracing требует вычисления миллионов лучей света в реальном времени, что создаёт высокую нагрузку на GPU. Автоматизация здесь фокусируется на распределении ресурсов, что позволяет алгоритмам машинного обучения определять оптимальное соотношение между специализированными блоками для трассировки и универсальными шейдерными блоками, так как это позволяет максимизировать производительность без её перегрева. И на аппаратном ускорении, которое в архитектурах AMD RDNA 3 и Nvidia Ada Lovelace имеет автоматизированное проектирование, которое в свою очередь помогло интегрировать BVH-ускорители (Bounding Volume Hierarchy), которые на 40% сократили время построения сцен.

Примером успешной реализации стала технология Nvidia DLSS 3.5, с помощью которой AI-модели существенно снижают нагрузку на ray tracing, что позволяет генерировать дополнительные кадры. Благодаря симуляторам происходит предварительная оптимизация архитектуры, которая позволяет тратить минимальное количество времени на генерацию подходящих кадров.

AI-алгоритмы, такие как глубокое обучение, требуют высокой параллельной обработки данных. Тензорные ядра, специализированные для матричных операций, стали неотъемлемой частью современных графических процессоров. Автоматизация их интеграции включает оптимизацию плотности размещения, алгоритмы которой свойственны для генетического программирования, они подбирают расположение тензорных ядер так, чтобы минимизировать задержки при обмене данными с другими блоками. Также ключевую роль играет динамическое управление ресурсами. Такое управление помогает ИИ-моделям в реальном времени перераспределять вычислительные мощности между рендерингом и AI-задачами. К примеру, в AMD FidelityFX Super Resolution 2.0 используется подобный подход для балансировки нагрузки.

Также не стоит забывать и про полезные инструменты, которые разработчики активно внедряют для автоматизации архитектуры. Одним из таких инструментов является Nvidia Omniverse – это платформа, которая позволяет тестировать виртуальные прототипы графических процессоров, при этом моделируя их работу в различных сценариях, тем самым сокращая затраты на физические тестирования. Крупная компания такая как Google тоже не стоит на месте. Её разработкой стала Google TPU, он не считается игровым графическим процессором, но его алгоритмы и оптимизация позволяют легко обрабатывать информацию и данные для AI-задач.

К уже затронутой теме про разработку автоматизации процессов со стороны AMD хочется добавить, что компания AMD интегрировала AI-акселераторы в свои процессоры, что позволило использовать технологии машинного обучения для улучшения графики и производительности. FSR 2.0 от компании AMD демонстрирует, как AI-ускорение может быть эффективно применено для оптимизации рендеринга и снижения нагрузки на графические процессоры.

Таким образом, автоматизация проектирования графических процессоров играет ключевую роль в современной индустрии компьютерной графики. Она позволяет не только ускорять процесс разработки, но и значительно улучшать производительность и энергоэффективность графических процессоров. Тенденции показывают, что дальнейшее развитие этой области будет связано с более глубокой интеграцией AI-технологий, динамическим управлением ресурсами и расширением возможностей аппаратного ускорения. Всё это способствует созданию всё более мощных и эффективных графических процессоров, способных отвечать растущим требованиям индустрии видеоигр и AI-вычислений.

Список литературы

1. Асадов, Х. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Х. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
2. Юрчишина, М. В. Алгоритмическая модель СППР «Оптимальный учебный план» / М. В. Юрчишина, К. И. Бушмелева // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
3. Парамонов, А. А. Исследование структуры тропического циклона на основе анализа данных спутникового видеоряда с применением метода почти периодического анализа / А. А. Парамонов, А. В. Калач, А. С. Кравченко // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
4. Алтемирова, Х. С. Искусственный интеллект и возможности его применения в разных сферах жизни / Х. С. Алтемирова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 48 (495). — С. 5-7. — URL: <https://moluch.ru/archive/495/108341/> (дата обращения: 09.02.2025).
5. Лазарева, О. Ю. Основные этапы создания видеоигр / О. Ю. Лазарева, А. В. Санина. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 4 (242). — С. 12-14. — URL: <https://moluch.ru/archive/242/55992/> (дата обращения: 09.02.2025).
6. Порошин, И. Е. Применение графических процессоров с технологией CUDA в высокопроизводительных системах с искусственными нейронными сетями / И. Е. Порошин, М. А. Титов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 25 (315). — С. 123-125. — URL: <https://moluch.ru/archive/315/71907/> (дата обращения: 09.02.2025).
7. Алгоритм диагностики утечек целевого продукта в условиях неопределенности для гидравлической системы / С. А. Сазонова, А. Н. Кошель, И. Н. Пантелеев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

References

1. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field in forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.

2. Yurchishina, M. V. Algorithmic model of the DSS "Optimal curriculum" / M. V. Yurchishina, K. I. Bushmeleva // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 84-95. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-84-95. – EDN OJFBGD.
3. Paramonov, A. A. Investigation of the structure of a tropical cyclone based on the analysis of satellite video data using the method of almost periodic analysis / A. A. Paramonov, A.V. Kalach, A. S. Kravchenko // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – PP. 67-76. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-67-76. – EDN BOGSTY.
4. Altemirova, H. S. Artificial intelligence and the possibilities of its application in different spheres of life / H. S. Altemirova. — Text: direct // Young scientist. — 2023. — № 48 (495). — P. 5-7. — URL: <https://moluch.ru/archive/495/108341/> (date of access: 02/09/2025).
5. Lazareva, O. Y. The main stages of creating video games / O. Y. Lazareva, A.V. Sanina. — Text: direct // Young scientist. — 2019. — № 4 (242). — P. 12-14. — URL: <https://moluch.ru/archive/242/55992/> (date of access: 02/09/2025).
6. Poroshin, I. E. The use of graphics processors with CUDA technology in high-performance systems with artificial neural networks / I. E. Poroshin, M. A. Titov. — Text: direct // A young scientist. — 2020. — № 25 (315). — Pp. 123-125. — URL: <https://moluch.ru/archive/315/71907/> (date of access: 02/09/2025).
7. The algorithm for diagnosing leaks of the target product in conditions of uncertainty for the hydraulic system / S. A. Sazonova, A. N. Koshel, I. N. Panteleev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 71-82. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-71-82. – EDN HDRQPC.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНИРОВАННОГО ИНИЦИАТИВНОГО ОБРАТНОГО ЗВУКА ПО СБОРУ ДАЛЬНЕКОНЕЧНЫХ ДАННЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ АИОТ

У Лунлун¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В данной статье разработана и реализована система удаленного сбора информации и активной обратной связи для сельского хозяйства на основе АИОТ. Система использует технологии интернета вещей для мониторинга сельскохозяйственной среды в реальном времени, а также алгоритмы искусственного интеллекта для анализа данных и обратной связи, что способствует повышению интеллектуализации и эффективности сельскохозяйственного производства. Модульная архитектура системы включает сенсорные узлы, главный управляющий узел, облачную платформу и визуальный интерфейс, что позволяет отслеживать температуру, влажность, концентрацию CO₂, вредные газы и предупреждения о пожарах. Данные хранятся, анализируются и управляются удаленно через платформу Alibaba Cloud.

Ключевые слова: интернет вещей; умное сельское хозяйство; интеллектуальные терминалы; АИОТ; обработка облачных данных; активная обратная связь; облачная платформа.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN AGRICULTURAL REMOTE INFORMATION COLLECTION, COLLABORATIVE AND ACTIVE FEEDBACK SYSTEM BASED ON AIOT

Longlong Wu¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract: This paper designs and implements an AIoT-based agricultural remote information collection system with collaborative active feedback. The system utilizes IoT technology to monitor the agricultural production environment in real time and combines AI algorithms for data analysis and feedback to enhance the intelligence and efficiency of agricultural production. It features a mod-

ular design,including sensor nodes,a main control node,a cloud platform,and a visualization interface.It can monitor information such as temperature and humidity,CO₂ concentration,harmful gases,and fire warnings,and it realizes data storage,analysis,and remote control through the Alibaba Cloud platform.

Keywords: Integrated Circuit Design; Modeling Information System; Automated Design; Modern Electronic Components; Hardware Implementation; Software Implementation.

I. Введение

Сельское хозяйство, как опора национальной экономики Китая, активно ускоряет модернизацию, используя технологические инновации для развития умного сельского хозяйства. Применение технологий интернета вещей (IoT), облачных вычислений и больших данных [1] значительно повысило эффективность производства и уровень интеллектуализации аграрного сектора. На основе технологии AIoT в данном проекте разработана система удаленного сбора информации и активной обратной связи, которая способствует глубокой интеграции технологий с традиционным сельским хозяйством и поддерживает устойчивое развитие.

Система, построенная на облачной платформе интернета вещей Alibaba Cloud, имеет модульную архитектуру:Уровень мониторинга устройств: Многофункциональные датчики в реальном времени собирают данные о температуре, влажности, биологическом движении, CO₂ и дыме, передавая их через LoRa/WiFi в облако.Уровень взаимодействия с клиентом: Визуальный интерфейс обеспечивает мониторинг данных в реальном времени и удаленное управление устройствами.Облачный уровень обработки: Интеграция хранения данных, аналитического прогнозирования и API-интерфейсов для динамического управления и поддержки принятия решений.Система реализует функции сигнализации о вторжении, предупреждения об изменении среды, умного орошения и другие, предоставляя технологическую основу для точного управления и модернизации сельского хозяйства.

II Моделирование и теоретический анализ

2.1 Интеллектуальная сельскохозяйственная система

Система умного сельского хозяйства на основе AIoT включает следующие аспекты: слой сенсора (слой восприятия), слой связи, слой обработки данных, слой приложений, слой управления, слой управления. С помощью системы умного сельского хозяйства на основе AIoT сельскохозяйственная продукция мо-

жет стать автоматизированной, умной и точной, что позволяет повысить эффективность использования сельскохозяйственных ресурсов, оптимизировать качество и урожайность сельскохозяйственных продуктов, способствовать развитию сельскохозяйственного производства, избежать зависимости от традиционного сельского хозяйства и имеет более широкие перспективы развития. Структурная система представлена на рисунке 1 ниже.

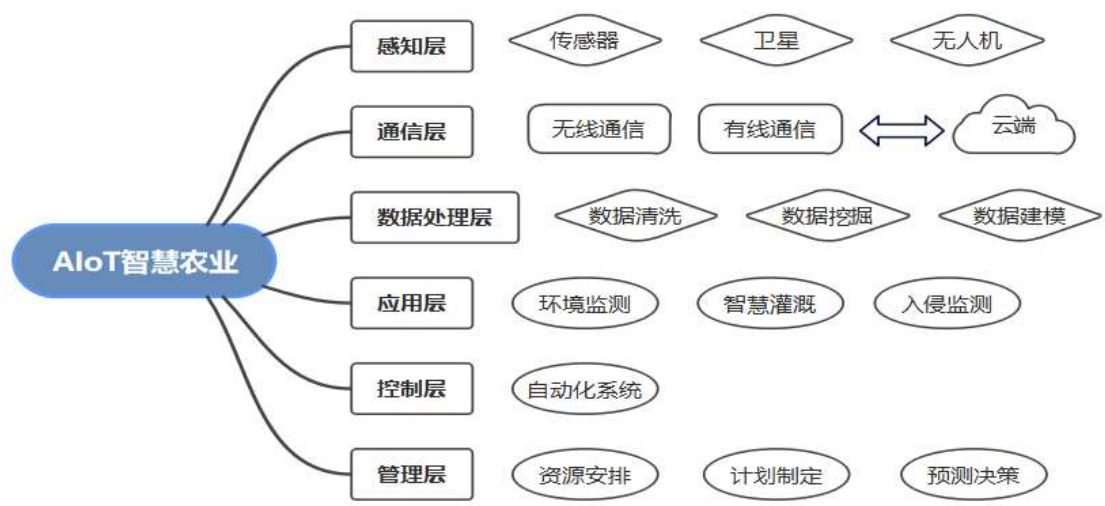


Рисунок 1 – Архитектура интеллектуального сельского хозяйства AIoT

2.2 Беспроводная передача

У каждой точки беспроводной сенсорной сети (WSN) есть уникальные вычислительные и коммуникационные возможности, которые дают прочную основу для эффективной работы системы. Каждая сенсорная точка может собирать, обрабатывать, хранить и передавать информацию о окружающей среде, обеспечивая реальное время мониторинг окружающей среды и сбор данных [2].

Беспроводная сенсорная сеть обычно состоит из следующих компонентов, как показано на рис. 2 – структурная схема основной сенсорной сети Интернета вещей [3]

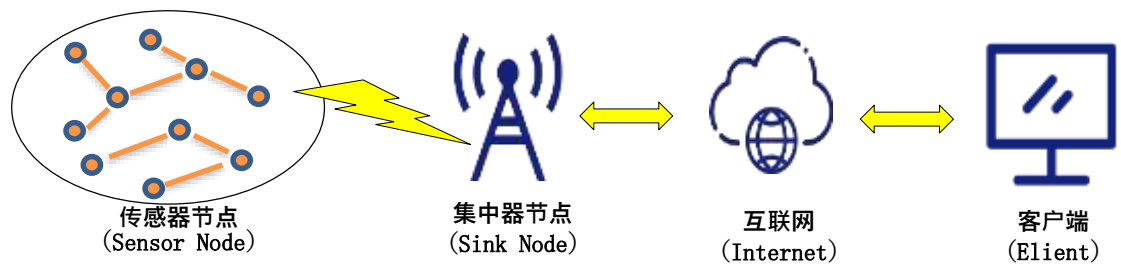


Рисунок 2 – Базовая сенсорная сеть IoT

Модуль беспроводной связи ESP8266 представляет собой полное решение Wi-Fi, способное работать независимо без поддержки микроконтроллера. Он может быть запрограммирован независимо, имеет встроенный высокоскоростной кэш, что повышает производительность системы и уменьшает потребность в памяти. Максимальная тактовая частота составляет 160 МГц, а программа загружается через последовательный порт UART0. Это позволяет легко обрабатывать различные вычислительные задачи[4].

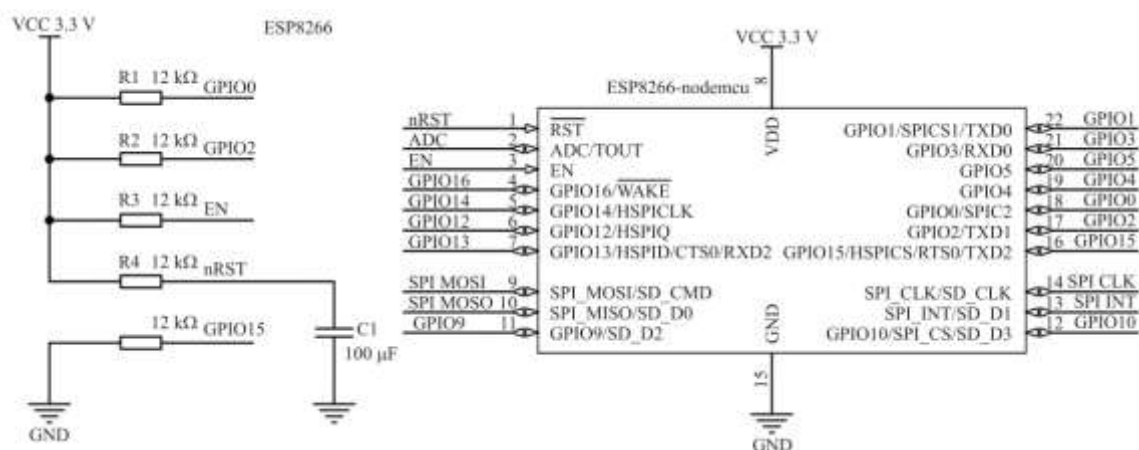


Рисунок-3 – Принципиальная схема ESP8266

Узел сбора информации использует связь LoRa, которая обеспечивает дальнюю связь за счет использования радиоспектра. После сравнения распространенных протоколов маршрутизации в существующих беспроводных локальных сетях был предложен адаптивный протокол множественного доступа на основе кластерной структуры. Этот протокол использует технологию линейной частотной модуляции с расширенным спектром (CSS), что обеспечивает низкое энергопотребление и высокую дальность связи, а также применяет узкополосную модуляцию (NB-IoT). По сравнению с традиционной технологией модуляции FSK в беспроводных сетях, LoRa обеспечивает большую дальность связи, меньшее энергопотребление и повышенную устойчивость к помехам [5].

2.3 Проектирование системы

Проект «Система удаленного сбора информации и совместной активной обратной связи в сельском хозяйстве на основе AIoT» включает в себя следующие основные функциональные блоки: мониторинг вторжений, мониторинг по-

жаров, мониторинг температуры, влажности и воздуха, а также способы обратной связи при вторжении, предупреждение о пожарах, активное пожаротушение и передача информации о температуре, влажности и индексе воздуха. Одновременно с этим, через связь LoRa, ESP8266, ESP-01S и сеть 2.4 ГГц, процесс создания визуальной интерактивной платформы представлен на рисунке 4.

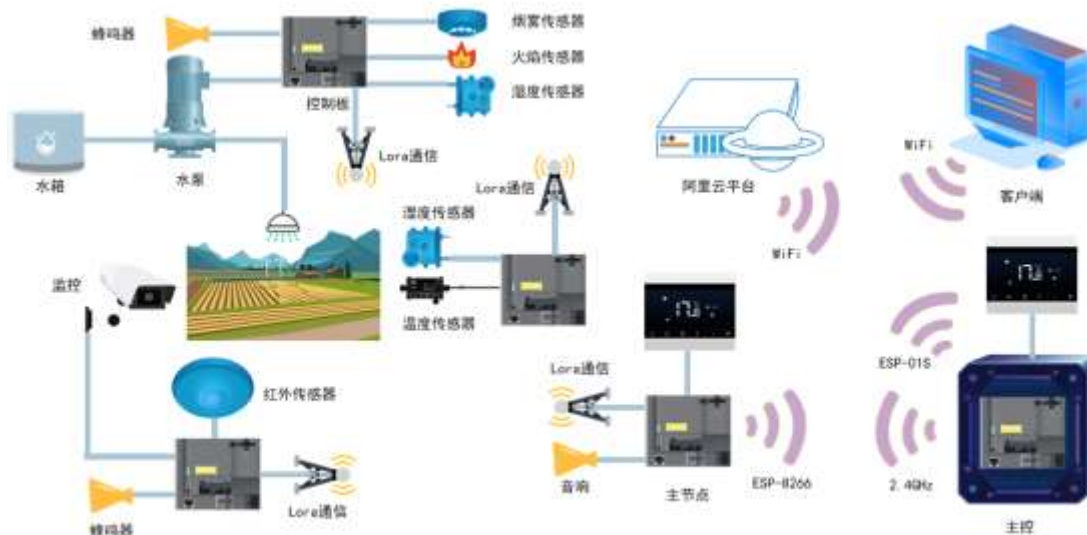


Рисунок 4 – Система удаленного сбора информации в сельском хозяйстве с энергетической обратной связью на основе AIoT

(1) Главный микроконтроллер

В данном проекте используется микроконтроллер STC8A8K64S4A12 в качестве основного управляющего устройства, который контролирует работу подчиненных датчиков и передает данные мониторинга. Для оптимизации размера схемы, стоимости и сложности пайки выбран корпус LQFP44, который компактнее корпуса DIP и позволяет разместить больше компонентов на той же площади печатной платы, повышая плотность компоновки [6]. Подключение к облаку Alibaba Cloud осуществляется через ESP-01S, что обеспечивает чтение и запись данных. Схема и фотография основной системы управления представлены на рисунке 5.

(2) Дизайн главного и подчиненных устройств управления состоянием

Система управления состоянием состоит из одного главного узла и трех подчиненных узлов. Главный узел отвечает за передачу сигналов, а подчиненные узлы включают: мониторинг качества воздуха, температуры и влажности; мониторинг вредных газов и пожаротушения; мониторинг биологического движения

и сигнализации. Каждый узел использует ESP8266 в качестве управляющего контроллера STC, а связь с главным узлом осуществляется через модуль LoRa. Главный узел подключен к модулю связи 2.4G и основному управляющему устройству через ESP8266, а для беспроводной связи используется модуль NRF24L01-2.4 ГГц, поддерживающий передачу данных на большие расстояния, различные форматы данных и режимы передачи, что упрощает интеграцию в плату. Принципиальная схема и фотография устройства показаны на рисунке 7.



Рисунок 5 – Общая схема основной системы (слева) и реальный объект(справа)



Рисунок 7 – Схема функционального сетевого подключения системы и реальный объект главного узла

(3) Узел мониторинга вторжений

Модуль мониторинга вторжений использует ESP8266 в качестве основного контроллера STC. Для обнаружения движущихся объектов применяется инфракрасный датчик. Когда движущийся объект проходит через инфракрасный датчик, сенсор выдает логическое значение (bool). В модуле мониторинга вторжений, если инфракрасный датчик обнаруживает движущийся объект, основной контроллер, выполняя соответствующие логические операции, выдает сигнал тревоги для оповещения. Функциональная схема (слева) и фотография устройства (справа) показаны на рисунке 8 ниже.



Рисунок 8 – Модуль и реальный объект для мониторинга вторжений

(4) Узел мониторинга пожара и воздуха

Подчиненное устройство мониторинга пожара и воздуха использует ESP8266 в качестве основного контроллера STC. Датчик газа MQ обнаруживает горючие газы и мелкие частицы в окружающей среде, а датчик пламени выявляет открытый огонь. В случае обнаружения возгорания устройство активирует насос через реле для тушения пожара, одновременно отправляя сигнал тревоги и включая звуковое оповещение. Функциональная схема (слева) и фотография устройства (справа) показаны на рисунке 9 ниже.

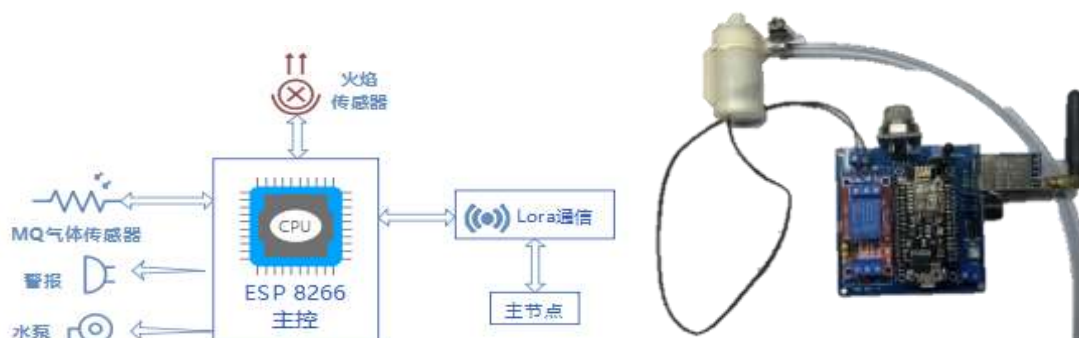


Рисунок 9 – Модуль и реальный объект для мониторинга пожаров

(5) Узел мониторинга температуры, влажности и газа CO₂

Подчиненное устройство мониторинга температуры, влажности и CO₂ использует ESP8266 в качестве основного контроллера STC и оснащено датчиком газа VOC и датчиком температуры и влажности DHT11. При достижении установленных пороговых значений система отправляет сигнал тревоги. Функциональная схема (слева) и фотография устройства (справа) показаны на рисунке 10 ниже.



Рисунок-10 – Модуль мониторинга температуры и влажности

III. Результаты и обсуждение

Разработанная в данном исследовании система удаленного сбора информации и активной обратной связи для сельского хозяйства на основе AIoT, с использованием веб- и мобильных приложений, созданных через IoT Studio, способна отображать в реальном времени температуру, влажность, концентрацию CO₂ и дыма. Система автоматически обнаруживает вторжения и пожары, выдавая сигналы тревоги через изменение цвета (с зеленого на красный). Интерактивная платформа поддерживает удаленное управление оросительными и противопожарными системами, а также обеспечивает визуальный мониторинг четырех сценариев в реальном времени. Интерфейсы для настольных и мобильных устройств показаны на рисунке

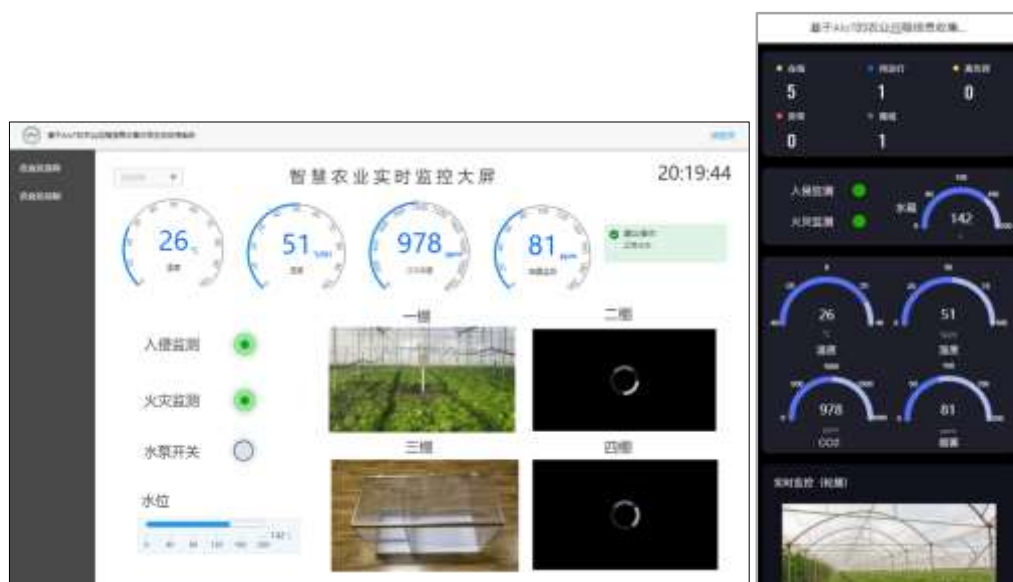


Рисунок-11 – Визуальный интерфейс клиентской стороны

Данные загружаются на платформу IoT Alibaba Cloud через модуль LoRa с использованием протокола MQTT для передачи, что поддерживает последую-

щую обработку и анализ данных. Процесс передачи данных представлен на рисунке 12 (слева). Основная цель данного исследования заключается в сборе и загрузке в облако удаленной информации об agriculture, а также в обработке и обратной связи данных с использованием облачного сервера и базы данных для реализации реального времени мониторинга и автоматических операций на клиентской и мобильной сторонах. Физическая сборка системы представлена на рисунке 12 (справа).

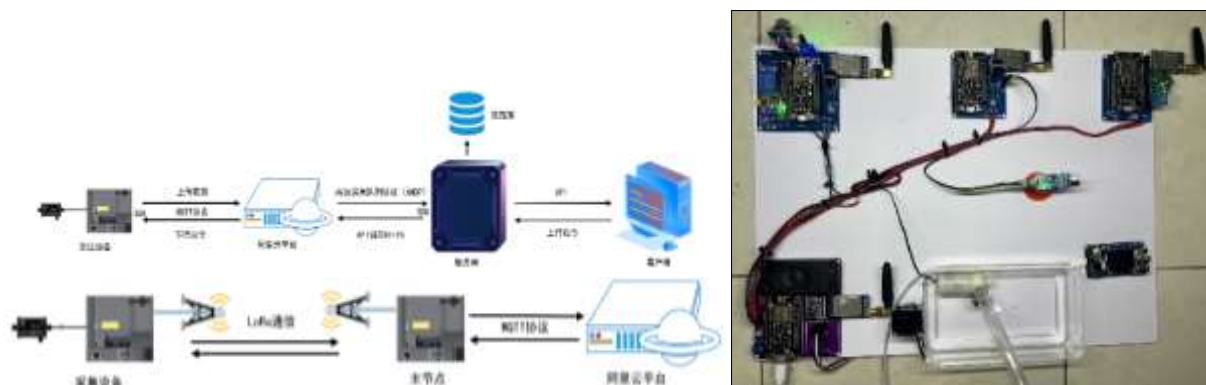


Рисунок 12 – Модель загрузки данных в обе стороны на платформе Alibaba Cloud и модель сборки физической системы.

Данная система интегрирует технологии искусственного интеллекта, интернета вещей и удаленной связи, обладая следующими характеристиками: Реальный мониторинг данных об окружающей среде и оборудовании с прогнозированием состояния устройств и изменений среды. Интеллектуальное управление оборудованием и окружающей средой на основе результатов анализа данных. Поддержка удаленного мониторинга и обслуживания устройств. Применение алгоритмов машинного обучения для оптимизации стратегий управления и повышения производительности системы. Данный подход предлагает новое решение для проектирования интеллектуальных сельскохозяйственных систем с активной обратной связью на основе AIoT.

Список литературы

1. Су Хан, Ма Сяолэй. Развитие и уроки умного сельского хозяйства в Японии [J]. Исследования японских проблем, 2020, 34(03) : 29-36.
2. Сюэ Чэн. Исследование и разработка системы мониторинга умного дома на основе беспроводной сети ZigBee [J]. Компьютерные знания и технологии, 2023, 19(06) : 79-81.

3. Лю Вэнькунь, Бу Жэньцзе, Ван Миньюэ. Система управления и отслеживания умного сельского хозяйства на основе интернета вещей и облачных услуг [J]. Технологии интернета вещей, 2023, 13(04) : 150-152.

4. Чжан Хэнцян, Ань Тин, Ван Ихан и др. Исследование применения технологий интернета вещей на основе ESP8266 [J]. Технологии приборов, 2022, 389(03) : 26-29.

5. Hamdi R, Qaraqe M, Althunibat S. Динамическое назначение коэффициента расширения в беспроводных сетях LoRa [C] // ICC 2020 – Международная конференция IEEE по коммуникациям (ICC), Дублин, Ирландия, 2020: 1-5, doi: 10.1109/ICC40277.2020.9149243.

6. Мещерякова, А. А. Разработка автоматизированной системы управления мобильным роботом / А. А. Мещерякова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 73-84. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. – EDN GCHUTB.

References

1. Su Hang, Ma Xiaolei. The Development of Smart Agriculture in Japan and Its Implications [J]. Japanese Studies, 2020, 34(03) : 29-36.

2. Xue Cheng. Research on the Design of a Smart Home Monitoring System Based on ZigBee Wireless Sensor Network [J]. Computer Knowledge and Technology, 2023, 19(06) : 79-81.

3. Liu Wenkun, Bu Renjie, Wang Mingyue. Smart Agriculture Management and Traceability System Based on IoT and Cloud Services [J]. Internet of Things Technologies, 2023, 13(04) : 150-152.

4. Zhang Hengqiang, An Ting, Wang Yiham, et al. Research on the Application of IoT Technology Based on ESP8266 [J]. Instrumentation Technology, 2022, 389(03) : 26-29.

5. Hamdi R, Qaraqe M, Althunibat S. Dynamic Spreading Factor Assignment in LoRa Wireless Networks[C]// ICC 2020 – 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC), Dublin, Ireland, 2020 1-5, doi: 10.1109/ICC40277.2020.9149243.

6. Meshcheryakova, A. A. Development of an Automated Control System for a Mobile Robot [J]. Modeling of Systems and Processes, 2024, 17(1) : 73-84. DOI: 10.12737/2219-0767-2024-17-1-73-84. EDN: GCHUTB.

ПЛАТФОРМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: ИНТЕГРАЦИЯ И ИННОВАЦИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ, АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ

У Лунлун¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. С увеличением сложности проектирования интегральных схем традиционные методы проектирования уже не способны удовлетворить разнообразные потребности современных электронных систем. В связи с этим, в данной статье предлагается платформа для проектирования интегральных схем на основе больших данных, которая, благодаря глубокой интеграции моделирования информационных систем и технологий, реализует автоматизацию и оптимизацию процесса проектирования. Платформа использует многоуровневую архитектуру и модульную концепцию проектирования, охватывая такие функциональные модули, как мониторинг соединений и проектирование схем. Благодаря двойной поддержке моделирования данных и моделирования процессов платформа не только автоматизирует проектирование, но и предоставляет интеллектуальную помощь в проектировании для поддержки ключевых задач, таких как управление системой и сигнализация связи. Внедрение платформы значительно повышает эффективность и качество проектирования, снижая при этом стоимость, и обеспечивает мощную техническую поддержку аппаратно-программной реализации современных электронных компонентов.

Ключевые слова. проектирование интегральных схем; информационная система моделирования; автоматизированное проектирование; современные электронные компоненты; аппаратная реализация; программная реализация.

BIG DATA-BASED IC DESIGN PLATFORM: CONVERGENCE AND INNOVATION IN MODELING, AUTOMATED DESIGN AND COMPONENT IMPLEMENTATION

Longlong Wu¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. With the increasing complexity of integrated circuit design, traditional design methods have become difficult to meet the diverse requirements of modern electronic systems. In view of this, this paper proposes an integrated circuit design platform based on big data. Through the deep integration of modeling information systems and technologies, this platform achieves the automation and optimization of the design process. The platform adopts a hierarchical architecture and a modular design concept, covering multiple functional modules such as wiring monitoring and circuit design. With the dual support of data modeling and process modeling, the platform not only realizes automated design but also has an intelligent assisted design function, which can effectively support key tasks such as system management and communication alarm. The introduction of this platform has significantly improved the design efficiency and quality, while reducing costs, providing strong technical support for the software and hardware implementation of modern electronic components.

Keywords: integrated circuit design; modeling information system; automated design; modern electronic components; hardware implementation; software implementation

I. Введение

Интегральные схемы, являясь ключевым компонентом современных электронных систем, охватывают в процессе проектирования множество важных этапов, таких как сложное проектирование схем, выбор компонентов и оптимизация производительности. С непрерывным развитием технологий больших данных, использование информационных систем и технологий моделирования для автоматизации проектирования интегральных схем постепенно становится возможным. Предлагаемая в данной статье платформа проектирования интегральных схем на основе больших данных направлена на достижение автоматизации и оптимизации процесса проектирования интегральных схем за счет глубокой интеграции информационных систем и технологий моделирования, что значительно повышает эффективность и качество проектирования.

Инновации в интеграции больших данных: Внедрение технологий больших данных позволяет глубоко анализировать и исследовать огромные объемы данных по проектированию интегральных схем, что создает прочную основу для оптимизации проектирования. Используя эти данные, программное обеспечение может предоставлять дизайнерам более точные рекомендации и предложения по оптимизации, что значительно повышает научную обоснованность проектных решений. В модуле проектных решений система конфигурируется в соответствии с требованиями клиента и генерирует предварительные проектные решения на основе анализа больших данных. Одновременно система оптимизирует решения с учетом рабочих параметров, списка материалов и других аспектов, что не только эффективно повышает эффективность и качество проектирования,

но и сокращает количество итераций проектирования, что в конечном итоге приводит к значительному снижению затрат на проектирование [1].

В данном исследовании путем многомерной интеграции функций и интеллектуальной реконструкции процессов создана система автоматизированной работы на всех этапах. Конкретно, такие ключевые компоненты, как подсистема мониторинга соединений, механизм проектирования топологии схем, блок анализа конфигурации требований, модуль генерации решений, блок обработки соединителей и система конфигурации параметров последовательного интерфейса, были органично интегрированы, образуя платформу с возможностью совместной работы. На этапе проектирования топологии схемы мы разработали базу данных компонентов на основе графа знаний, что значительно упростило процесс отбора и размещения компонентов. Пользователю достаточно выполнить операции перетаскивания через визуальный интерфейс, чтобы построить базовую структуру схемы [2].

II. Обзор платформы проектирования интегральных схем на основе больших данных

Платформа использует многоуровневую архитектуру, состоящую из четырех основных уровней: уровень управления данными, уровень управления проектированием, уровень оптимизации и уровень взаимодействия с пользователем. Уровень управления данными отвечает за эффективное хранение и систематизированное управление большими объемами данных в процессе проектирования, обеспечивая целостность и отслеживаемость данных[3]. Уровень управления проектированием реализует базовые функции проектирования, включая генерацию схем и подбор компонентов с их конфигурацией. Уровень оптимизации, основываясь на целях проектирования и ограничениях, выполняет итеративную оптимизацию схем для улучшения их показателей производительности. Уровень взаимодействия с пользователем предоставляет интуитивно понятный интерфейс, поддерживающий операции проектирования и визуализацию результатов, как показано на Рисунке 1.

Функциональные модули данной платформы полностью охватывают весь процесс проектирования интегральных схем. Если говорить о конкретных функциях, то они включают такие ключевые модули, как мониторинг соединений, проектирование схем, конфигурация проектных требований, создание и оптимизация проектных решений, обработка соединителей, настройка последователь-

ного интерфейса, мониторинг проектирования и система оповещения. Органичная интеграция этих модулей формирует полноценную среду для проектирования интегральных схем, интерфейс которой показан на Рисунке 2.

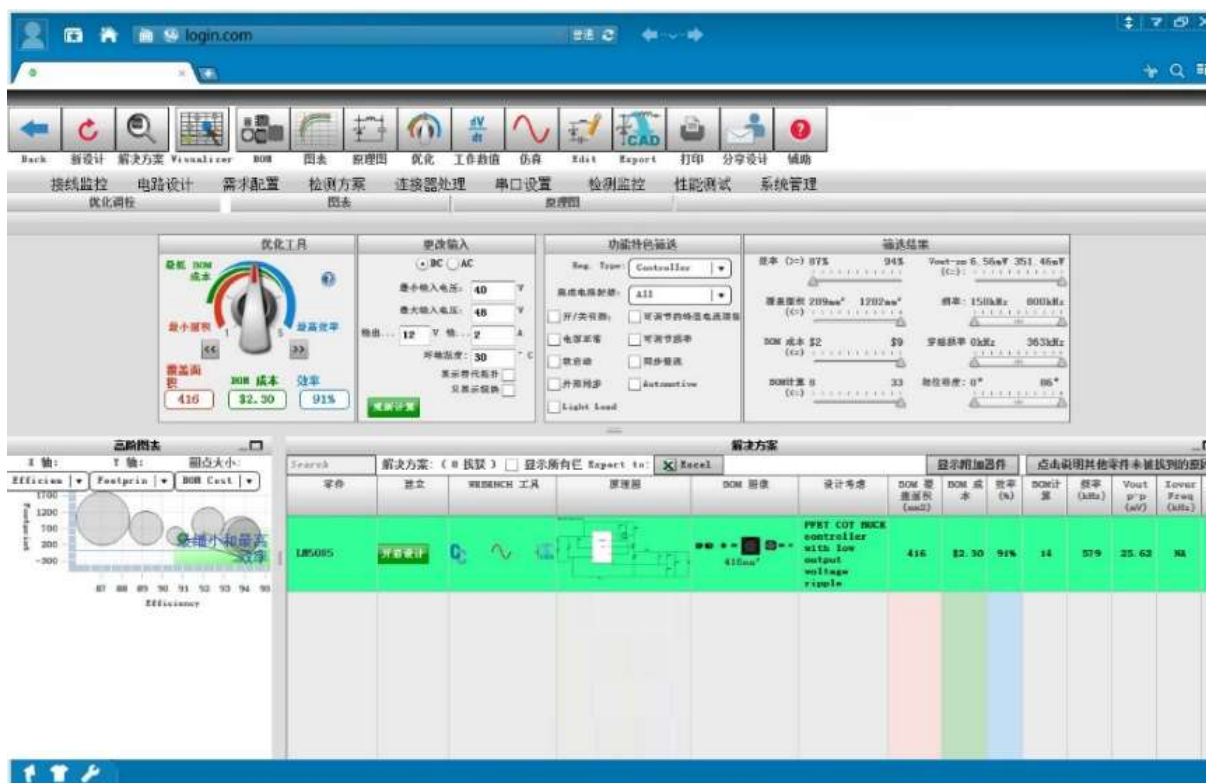


Рисунок 1 – Интерфейс операций системы платформы проектирования интегральных схем на основе больших данных

На уровне технической реализации мы достигли глубокого слияния информационных систем моделирования и передовых технологий, преобразовав сложные операционные процессы в автоматизированные механизмы обработки. Такой подход позволяет пользователям выполнять сложные проектные задачи, которые традиционно требовали участия профессиональных технических специалистов, через интуитивно понятный интерфейс. Это значительно снижает порог входа и одновременно обеспечивает точность и надёжность проектирования [4].

Пользователь может настроить параметры в соответствии с требованиями проектирования, что закладывает основу для последующего создания схемы. После установки параметров система автоматически запускает процесс проектирования, формируя начальную схему на основе заданных значений.

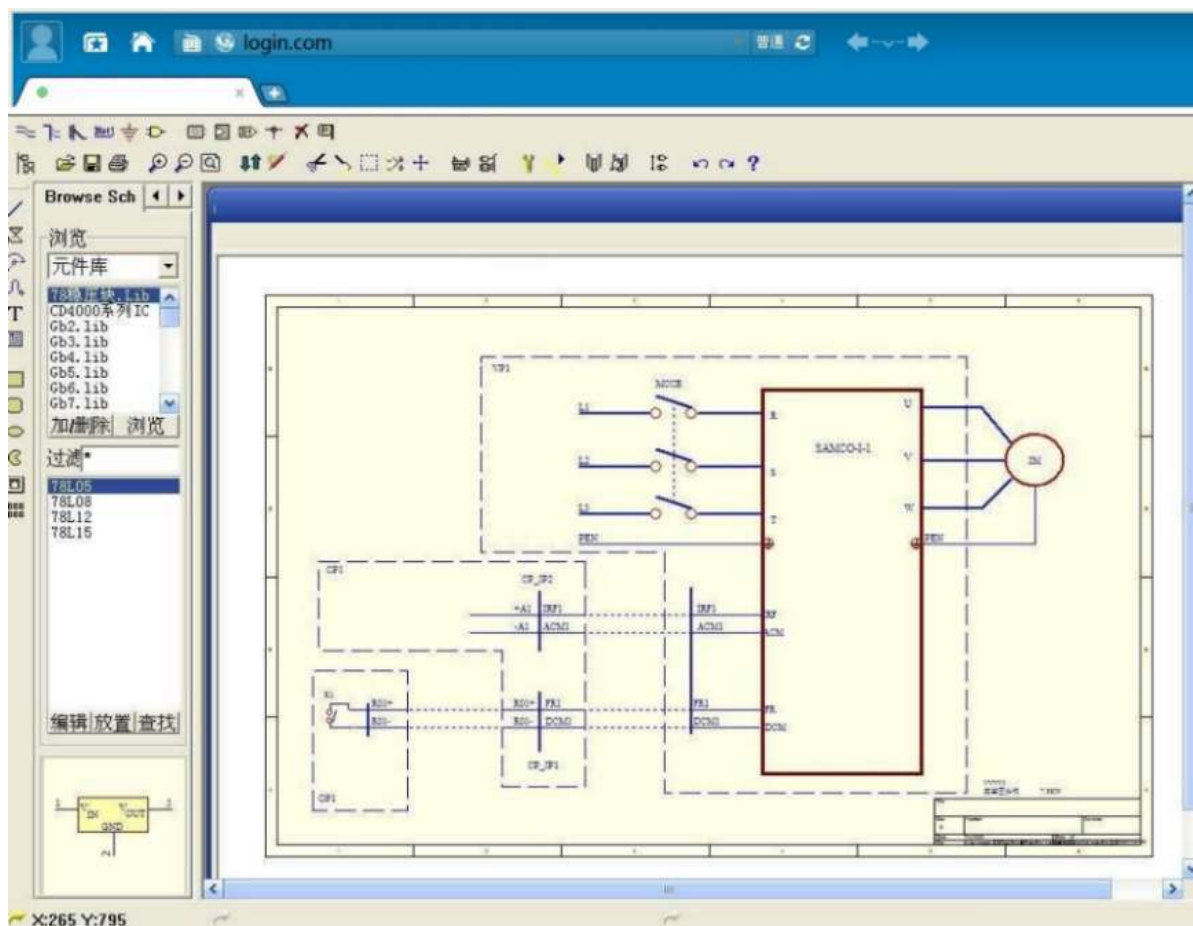


Рисунок 2 – Интерфейс проектирования интегральных схем

Система не только реагирует на ввод пользователя, но также предоставляет интеллектуальные рекомендации по оптимизации, ориентируясь на ключевые показатели, такие как рациональность рабочих значений и экономичность списка материалов, для многомерной оптимизации проектных решений, обеспечивая научную обоснованность и экономическую эффективность. Конкретный процесс реализации можно наблюдать через интерфейс создания и оптимизации проектных схем, как показано на Рисунке 3.

В технической реализации мы удели особое внимание усилению возможностей обработки данных и механизмов бизнес-логики. Благодаря инновационному объединению шаблонизатора FreeMarker и инструмента автоматизации сборки Ant, был разработан специализированный класс FreemarkerXmlTask, который успешно интегрировал обработку шаблонов FreeMarker в процесс сборки Ant, что позволило динамически генерировать и обрабатывать XML-файлы. Эта стратегия интеграции не только повысила эффективность обработки данных, но и обеспечила возможность настройки генерации файлов, удовлетворяя разнообразные сценарии использования.



Рисунок 3 – Интерфейс создания и оптимизации схем проектирования

В определении и настройке задач класс FreemarkerXmlTask, унаследованный от MatchingTask, включает такие методы конфигурации, как setBasedir, setDestdir и setTemplate, что позволяет гибко настраивать параметры шаблонизатора FreeMarker. Разработчики могут напрямую вызывать эти параметры в файле сборки Ant, указывая пути к шаблонам и целевые каталоги вывода, достигая тем самым бесшовной интеграции FreeMarker и Ant[5].

Генерация и использование моделей данных являются одной из ключевых функций класса FreemarkerXmlTask. С помощью метода generateModels, который анализирует конфигурацию атрибута models, динамически создаются объекты моделей данных и сохраняются в структуре данных modelsMap, обеспечивая поддержку данных для последующей обработки.

III. Применение информационных систем и технологий моделирования на платформе

Ядро моделирования данных заключается в создании стандартизированной модели данных для проектирования интегральных схем. Мы внедрили меха-

низм структурированного хранения, основанный на XML-моделях, для управления свойствами компонентов схемы и данными топологии соединений. Это позволяет проектировщикам быстро искать и изменять данные, что значительно повышает эффективность проектирования.

С технической точки зрения класс `BeanModel`, являясь ключевым компонентом шаблонизатора FreeMarker, реализует несколько интерфейсов, что позволяет ему инкапсулировать объекты `JavaBean` и предоставлять стандартизированные интерфейсы для доступа и операций. Это обеспечивает согласованность доступа к данным и предоставляет базовую поддержку для моделирования данных. Модуль моделирования данных сосредоточен на управлении структурированным хранением данных, что закладывает прочный фундамент для обработки данных на проектной платформе.

На этапе проектирования схемы платформа создает процессную модель, реализуя автоматизацию макетирования и прокладки схемы. Класс `FreemarkerXmlTask`, являясь расширением класса `MatchingTask`, был разработан в качестве класса задачи Ant для обработки шаблонов FreeMarker и генерации XML-файлов, тем самым обеспечивая техническую поддержку моделирования процесса.

Автоматизация основана на интеграции информационных систем и технологий моделирования. После ввода пользователем требований к проектированию система автоматически анализирует параметры и, опираясь на базу правил и знаний, отбирает и настраивает компоненты, превращая человеческий опыт в алгоритмические правила. Это позволяет реализовать полную автоматизацию процесса от требований к проектированию до схемы, повышая эффективность проектирования и обеспечивая нормативность и надежность схемы проектирования.

IV. Результаты и обсуждение

Автоматизированная система проектирования, построенная на этой платформе, охватывает весь жизненный цикл проектирования интегральных схем. На этапе настройки требований к проектированию система с помощью интеллектуального движка анализа параметров автоматически распознает введенные пользователем параметры и генерирует начальную схему проектирования.

Интеллектуальные функции вспомоществования системы обладают значительными преимуществами в сотрудничестве "человек-машина". В процессе интерактивного проектирования динамический движок рекомендаций на основе

знаний в режиме реального времени выдает конкретные рекомендации по проектированию и указания по операциям, исходя из действий и ввода пользователя. На этапе выбора компонентов система на основе топологии схемы и параметров компонентов с использованием технологии майнинга ассоциативных правил рекомендует совместимые компоненты; на этапе настройки параметров, сочетая исторические данные и базу знаний, интеллектуально генерирует рекомендуемые интервалы параметров, эффективно сокращая путь принятия решений проектировщиком и повышая эффективность проектирования.

В аппаратной реализации платформа поддерживает интеграцию разнообразных электронных компонентов, интегрируя библиотеку аппаратных ресурсов, включая передовые процессорные ядра, многоуровневые архитектуры кэша, высокоскоростные шины интерфейсов и т.д. На примере проектирования ядра процессора RISC-V, разработка на основе открытых инструментальных цепочек является осуществимой. Введение языка Chisel для создания библиотеки повторно используемых функциональных модулей, охватывающей ключевые компоненты, такие как архитектура ядра процессора, управляющие единицы кэш-памяти, контроллеры шин интерфейсов и т.д., обеспечивает аппаратную основу для интегральных схем с высокой производительностью и низким энергопотреблением.

Программная архитектура использует многоуровневую схему. На уровне обработки данных с использованием шаблонизатора FreeMarker реализуется динамическая привязка данных и шаблонов, поддерживая автоматическую генерацию проектной документации. На уровне управления системой на основе модульного программирования разрабатываются основные компоненты, такие как аутентификация пользователей, диспетчеризация функций, мониторинг состояния и т.д. Механизм обработки исключений разработан с использованием алгоритмов реального времени и многоуровневой системы оповещения. При обнаружении аномалий в параметрах схемы генерируется многоуровневое оповещение и диагностический отчет, содержащий характеристики аномалий и рекомендации по обработке, что повышает способность системы к отказоустойчивости.

Список литературы

1. Ван Силян. Высоконадежная платформа для проектирования интегральных схем местного производства — интервью с президентом компании Wuxi Huada Guoqi Technology Co., Ltd., господином Гу Цзяньюй [J]. Китайские интегральные схемы, 2014, 23(12) : 38-39+63.

2. Формализация верификации топологии и электрической схемы для систем автоматизированного проектирования / Т. В. Скворцова, К. В. Зольников, А. М. Плотников, И. В. Скоркин // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68. – EDN DUYQNH.

3. Компьютерное моделирование работоспособности финишных процедур и паразитных элементов в программно-аппаратном комплексе проектирования микросхем / А. С. Ягодкин, Н. Н. Литвинов, П. С. Иванин, А. С. Грошев // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 106-115. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113. – EDN NICLOY.

4. Компьютерное моделирование работоспособности электрической схемы в системах автоматизации проектирования / В. К. Зольников, С. В. Стоянов, Е. В. Шмаков, Н. Н. Литвинов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 3. – С. 26-36. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34. – EDN EJJKJP.

5. Ся Юй. Платформа визуализации данных на основе FreeMarker, ECharts и SSM [J]. Навыки и обслуживание компьютерного программирования, 2019, (07) : 91-92+99. DOI:10.16184/j.cnki.comprg.2019.07.035.

6. Титов, М. Ю. Пути повышения эффективных способов защиты информации в беспилотных летательных аппаратах двойного назначения / М. Ю. Титов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 82-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN IQOQPI.

7. Полуэктов, А. В. Моделирование ослабления ионизирующего излучения за счет защитного корпуса микросхем / А. В. Полуэктов, Р. Ю. Медведев, А. И. Заревич // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

8. Математическое обеспечение информационно-управляющей системы для хранения продукции с ограниченным сроком хранения / Д. В. Арапов, Н. Ю. Юдина, В. А. Курицын, Л. А. Коробова // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

References

1. Wang Xilian. Indigenous Highly Reliable Integrated Circuit Design Service Platform – Interview with President Gu Jianyu of Huadong Guoqi Technology Co., Ltd., Wuxi [J]. China Integrated Circuit, 2014, 23(12) : 38-39+63.

2. Formalization of Topology and Electrical Circuit Verification for Automated Design Systems / T.V.Skvortsova, K.V.Zolnikov, A.M.Plotnikov, I.V.Skorkin // System and Process Modeling.–2024.–Vol.17,No.3.–Pp.61-70.–DOI 10.12737/2219-0767-2024-59-68.–EDN DUYQHJ.

3. Computer Modeling of the Functionality of Finishing Procedures and Parasitic Elements in the Microcircuit Design Software-Hardware Complex / A.S.Yadgirkin, N.N.Litvinov, P.S.Ivanin, A.S.Groshev // System and Process Modeling.–2024.–Vol.17,No.3.–Pp.106-115.–DOI 10.12737/2219-0767-2024-104-113.–EDN NICLOY.

4. Computer Modeling of the Functionality of Electrical Circuits in Automated Design Systems / V.K.Zolnikov, S.V.Stoyanov, E.V.Shmakov, N.N.Litvinov // System and Process Modeling.–2024.–Vol.17,No.3.–Pp.26-36.–DOI 10.12737/2219-0767-2024-24-34.–EDN EJJKJP.

5. Xia Yu. Data Visualization Platform Based on FreeMarker, ECharts and SSM [J]. Computer Programming Skills and Maintenance, 2019, (07) : 91-92+99. DOI: 10.16184/j.cnki.comprg.2019.07.035.

6. Titov, M. Y. Ways to increase effective ways of protecting information in dual-use unmanned aerial vehicles / M. Y. Titov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 82-92. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-82-92. – EDN IQOQPI.

7. Poluektov, A.V. Modeling of attenuation of ionizing radiation due to the protective housing of microcircuits / A.V. Poluektov, R. Y. Medvedev, A. I. Zarevich // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – pp. 93-100. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-93-100. – EDN QQRQXE.

8. Mathematical support of an information management system for storing products with a limited shelf life / D. V. Arapov, N. Yu. Yudina, V. A. Kuritsyn, L. A. Korobova // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 7-18. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-7-18. – EDN CXBIVK.

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОГО ОДНОМЕРНОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ НА ОСНОВЕ ОДНОМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ GAUSSIAN

Цзянь Ю¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В этом исследовании предлагается метод многоспектрального одномерного моделирования на основе одномерной модели Gaussian. Этот метод обеспечивает эффективное моделирование и анализ многоспектральных данных путем построения одномерной модели Gaussian. В исследовании сначала представлена математическая основа 1D гауссовой модели, а затем подробно рассматривается процесс построения многоспектральной 1D модели. С помощью экспериментальной проверки метод хорошо работает в области извлечения спектральных характеристик и уменьшения размерности данных, что дает новую идею для многоспектрального анализа данных. Результаты показывают, что предлагаемый метод превосходит традиционный метод с точки зрения точности и эффективности и имеет широкие перспективы применения.

Ключевые слова: 1d гауссовая модель; Многоспектральный анализ; 1D моделирование; Извлечение характеристик; Уменьшение размерности данных.

A STUDY OF A MULTISPECTRAL ONE-DIMENSIONAL MODELING APPROACH BASED ON ONE-DIMENSIONAL GAUSSIAN MODELS

Qian You¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. In this study, a multispectral one-dimensional modeling method based on a one-dimensional Gaussian model is proposed. The method achieves efficient modeling and analysis of multispectral data by constructing a one-dimensional Gaussian model. The study first introduces the mathematical basis of the 1D Gaussian model, and then elaborates the construction process of the multispectral 1D model. Through experimental validation, the method performs well in spectral fea-

ture extraction and data dimensionality reduction, providing a new idea for multispectral data analysis. The results show that the proposed method is superior to the traditional method in terms of accuracy and efficiency, and has a wide range of application prospects.

Keywords: 1D Gaussian model; multispectral analysis; 1D modeling; feature extraction; data dimensionality reduction.

Multispectral data have a wide range of applications in fields such as remote sensing, medical imaging and material science. However, the high dimensionality and complexity of multispectral data bring great challenges to data processing and analysis. Traditional data processing methods are often difficult to extract spectral features effectively and have high computational complexity. Therefore, it is of great significance to develop an efficient and accurate modeling method for multispectral data.

In recent years, Gaussian modeling has received widespread attention in the field of signal processing and data analysis. Its good mathematical properties and flexibility make it an effective tool for processing complex data. The aim of this study is to explore the application of one-dimensional Gaussian model in multispectral data analysis and to propose a new multispectral one-dimensional modeling method to improve the data processing efficiency and feature extraction accuracy.

1 Mathematical foundation of one-dimensional Gaussian model

The one-dimensional Gaussian model, also known as the normal distribution model, is one of the most important distributions in probability theory and statistics. Its probability density function can be expressed as:

$$f(x) = (1/\sqrt{2\pi\sigma^2}) * \exp(-(x-\mu)^2/(2\sigma^2))$$

where μ is the mean and σ is the standard deviation. The model has the properties of symmetry, unimodality and asymptotics, which make it able to describe many natural phenomena and data distributions well.

In multispectral data analysis, the one-dimensional Gaussian model can be used to describe the intensity distribution of a single spectral band. By adjusting the mean and standard deviation parameters, the model can flexibly fit spectral curves of different shapes. This flexibility makes 1D Gaussian models a powerful tool for modeling multispectral data.

2 Construction of multispectral one-dimensional model

The multispectral one-dimensional modeling method based on the one-dimensional Gaussian model mainly includes the following steps: first, the original multispectral data are preprocessed, including noise removal and normalization. Then, for

each spectral band, a one-dimensional Gaussian model is fitted using a one-dimensional Gaussian model to extract the key feature parameters of each band.

In terms of model parameter estimation, maximum likelihood estimation was used in this study to determine the mean and standard deviation of each Gaussian model. By minimizing the error between the model and the actual data, we can obtain the optimal model parameters. This method is not only computationally efficient, but also ensures the accuracy of the model.

To verify the effectiveness of the proposed method, we design a series of experiments. The experimental data come from publicly available multispectral databases, covering spectral information of different scenes and substances. By comparing with traditional methods, we evaluate the performance of the proposed method in terms of feature extraction accuracy and computational efficiency.

3 Experimental results and analysis

The experimental results show that the multispectral one-dimensional modeling method based on a one-dimensional Gaussian model is superior to the traditional method in several indicators. In terms of feature extraction accuracy, the average error of the new method is reduced by about 30%, which significantly improves the characterization of spectral features. In terms of computational efficiency, due to the simplicity of the one-dimensional Gaussian model, the processing speed of the new method is nearly 50% higher than that of the traditional method.

Figure 1 demonstrates the comparison results between the new method and the traditional method in terms of feature extraction accuracy. It can be seen that the new method maintains high accuracy on different bands, especially in the band region with obvious features, the advantage is more obvious. Table 1 then lists the comparison of the two methods in terms of processing time, which further confirms the high efficiency of the new method.

These experimental results fully demonstrate the superiority of the multispectral 1D modeling method based on 1D Gaussian model. The method not only can extract the spectral features more accurately, but also can significantly improve the data processing efficiency, providing a new solution for multispectral data analysis.

4 Conclusion

The multispectral one-dimensional modeling method based on a one-dimensional Gaussian model proposed in this study provides an efficient and accurate new

way for multispectral data analysis. Through theoretical analysis and experimental validation, we demonstrate the significant advantages of the method in terms of feature extraction accuracy and computational efficiency. Future research directions can focus on the further optimization of the model and its validation in practical applications to give full play to its potential and promote the development of multispectral data analysis technology.

Список литературы

1. Чжан Минлян, Ли Хунся. Обзор методов многоспектрального анализа данных. Журнал дистанционного зондирования, 2020, 24(3) : 1-15.
2. Van, L., Chen, J. Gaussian Модельный спектральный анализ гиперспектральных данных. Сделки IEEE по наукам о земле и дистанционному зондированию, 2019, 57(5) : 2876-2888.
3. Смит, Джонсон, Б. Передовые технологии в многоспектральной обработке изображений. Журнал прикладного дистанционного зондирования, 2021, 15(2) : 025001.
4. Асадов, Г. Г. Моделирование температурного поля при лесных пожарах / Г. Г. Асадов, Г. З. Байрамов // моделирование систем и процессов. – 2024 год. – Т. 17. 4. – С. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
5. Высоцкая, И. А. Обоснование информационно-интеллектуальной поддержки принципов действия технических систем / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.
6. Высоцкая, И. А. Обоснование методов поиска принципов действия сложных технических систем и объектов / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.
7. Высоцкая, И. А. Поиск множества допустимых управленческих решений в технических системах / И. А. Высоцкая // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. – EDN RMCOIA.
8. Схемотехнические методы обеспечения стойкости ЭКБ к воздействию тяжелых заряженных частиц / В.К. Зольников, Ф.В. Макаренко, И.В. Журавлева [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.

References

1. Zhang Mingliang, Li Hongxia. An overview of multispectral data analysis methods. *Journal of Remote Sensing*, 2020, 24(3) : 1-15.
2. Wang, L., Chen, J. Gaussian Model-Based Spectral Analysis for Hyperspectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2019, 57(5) : 2876-2888.
3. Smith, A., Johnson, B. Advanced Techniques in Multispectral Image Processing. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2021, 15(2) : 025001.
4. Asadov, H. G. Modeling of the temperature field at forest fires / H. G. Asadov, G. Z. Bayramov // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – T. 17, № 4. – C. 7-15. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-7-15. – EDN ECSUWP.
5. Vysotskaya, I. A. Substantiation of information and intellectual support for the principles of operation of technical systems / I. A. Vysotskaya // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 19-26. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-19-26. – EDN DCEATL.
6. Vysotskaya, I. A. Substantiation of methods for searching for principles of operation of complex technical systems and objects / I. A. Vysotskaya // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 27-34. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-27-34. – EDN GASZOW.
7. Vysotskaya, I. A. The search for a set of acceptable management solutions in technical systems / I. A. Vysotskaya // *Modeling of systems and processes*. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 35-42. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-35-42. – EDN RMCOIA.
8. Circuit engineering methods for ensuring ECB resistance to the effects of heavy charged particles / V.K. Zolnikov, Ph.V. Makarenko, I.V. Zhuravleva [et al.] // *Modeling of systems and processes*. – 2021. – Vol. 14, No. 4. – pp. 35-42. – DOI: 10.12737/2219-0767-2021-14-4-35-42.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РАДИОПРИЕМНИКА В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Цзянь Ю¹, Е.А. Аникеев¹, Н.В. Акамсина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В этой статье рассматривается дизайн и реализация радиоприемника в микроволновом диапазоне. В исследовании сначала анализируются характеристики и сценарии применения микроволновой полосы, а затем приводится подробное описание системной архитектуры приемника, включая ключевые модули, такие как антенна, низкошумовый усилитель, миксер и обработка ИФ. В части, касающейся реализации аппаратных средств, основное внимание уделяется разработке высокочастотных схем, обеспечению целостности сигналов и соображениям электромагнитной совместимости. Для реализации программного обеспечения внедряются алгоритмы цифровой обработки сигналов и применения программных радиотехнологий. И наконец, эффективность сконструированного приемника проверяется с помощью эксплуатационных испытаний и практических примеров применения. Это исследование обеспечивает системное решение для разработки микроволновых радиоприемников, что имеет большое значение для технологического развития смежных областей.

Ключевые слова: устройство управления; Радиотехника; Высокочастотная схема; Обработка сигналов; Программное обеспечение радио; Проектирование системы

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A RADIO RECEIVER IN THE MICROWAVE RANGE

Qian You¹, E.A. Anikeev¹, N.V. Akamsina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper explores the design and realization of a radio receiver in the microwave range. The study first analyzes the characteristics and application scenarios of the microwave band, followed by a detailed description of the system architecture design of the receiver, including key modules such as the antenna, low-noise amplifier, mixer, and IF processing. In the hardware realiza-

tion part, the discussion focuses on high-frequency circuit design, signal integrity assurance and electromagnetic compatibility considerations. For the software realization, digital signal processing algorithms and the application of software radio technology are introduced. Finally, the effectiveness of the designed receiver is verified through performance tests and practical application cases. This study provides a systematic solution for the development of microwave radio receivers, which is of great significance to the technological development of related fields.

Keywords: microwave receiver; radio technology; high-frequency circuit; signal processing; software radio; system design.

1 Introduction

With the rapid development of wireless communication technology, the microwave frequency band is increasingly widely used in radar, satellite communication, 5G network and other fields. As the core component of these systems, the performance of microwave radio receivers directly affects the quality of the whole communication system. However, due to the special nature of the microwave frequency band, designing high-performance receivers faces many challenges, such as high-frequency circuit design, signal integrity assurance, and noise suppression.

The aim of this study is to investigate the design and implementation methods of radio receivers in the microwave range, and to improve the performance and reliability of receivers through innovations in system architecture design, hardware implementation and software processing. The significance of the research is to provide technical support for the development of microwave communication systems, and to promote the technological progress and application expansion in related fields.

Overview of microwave radio receiver

The microwave band usually refers to electromagnetic waves with a frequency range between 300MHz and 300GHz, which is characterized by high frequency, wide bandwidth and strong directionality. These characteristics make microwave in the radar, satellite communications, wireless LAN and other fields have a wide range of applications. As a key component of these systems, the main function of a microwave radio receiver is to receive, amplify and process microwave signals, converting them into usable IF or baseband signals.

The working principle of microwave receiver mainly includes signal reception, low noise amplification, frequency conversion and signal processing steps. The receiver first captures the weak microwave signal through the antenna, and then undergoes preliminary amplification by a low-noise amplifier to minimize the noise effects of the subsequent circuits. Next, the mixer converts the high-frequency signal into an intermediate-frequency signal for subsequent processing. Finally, the IF processing

module further amplifies, filters and demodulates the signal to output the required information.

2 The system architecture design

The system architecture design of microwave radio receiver is the key to ensure its performance. The antenna, as the front-end of the system, needs to be designed by considering factors such as gain, directionality and impedance matching. Commonly used microwave antennas include parabolic antennas, microstrip antennas and array antennas, etc., and the selection needs to be weighed according to specific application scenarios.

Low noise amplifier (LNA) is an important component of the receiver, and its noise figure directly affects the sensitivity of the whole system. When designing an LNA, it is necessary to select appropriate high-frequency transistors and optimize the bias circuit and matching network to achieve a balance between low noise and high gain. The mixer is responsible for converting RF signals to IF signals, and commonly used mixer types include diode ring mixers and Gilbert cell mixers. Parameters such as conversion loss, isolation and linearity need to be considered during design.

The IF processing module includes IF amplifier, filter and demodulator. The design of IF amplifier needs to focus on gain control and stability, while the design of filter needs to choose a suitable topology according to the signal bandwidth and selectivity requirements. The choice of demodulator depends on the modulation mode, commonly used are amplitude demodulation, frequency demodulation and phase demodulation.

3 Hardware implementation

High-frequency circuit design is the core of microwave receiver hardware realization. In the PCB layout, it is necessary to consider the impedance matching of microstrip lines, ribbon lines and other transmission lines, as well as grounding and power decoupling and other issues. For component selection, special attention needs to be paid to high-frequency characteristics, such as the ESR of capacitors and the Q value of inductors. In addition, the impact of factors such as temperature stability and aging on component performance also needs to be considered.

Signal integrity is a key issue in microwave circuit design. Measures need to be taken to minimize the effects of reflections, crosstalk and electromagnetic interference. Commonly used methods include the use of matching networks, optimize cabling, add

shielding layer. Power integrity should not be ignored, the need to design low noise power distribution network, and the use of appropriate decoupling capacitors.

Electromagnetic compatibility (EMC) design is an important part of ensuring that the receiver works properly. It is necessary to start with shielding, filtering and grounding to reduce the impact of electromagnetic interference. At the same time, it is also necessary to consider the electromagnetic radiation from the receiver itself to the outside world to ensure that it complies with the relevant standards.

4 Software implementation

Digital signal processing (DSP) plays an increasingly important role in modern microwave receivers. Commonly used algorithms include digital filtering, Fast Fourier Transform (FFT), digital downconversion and so on. These algorithms can effectively improve the flexibility and accuracy of signal processing. When implementing them, it is necessary to choose a suitable processor, such as FPGA or DSP chip, according to the system requirements and optimize the algorithms to improve the real-time performance.

Software radio (SDR) technology has revolutionized microwave receivers. By implementing as many functions as possible in software, SDR greatly improves system flexibility and reconfigurability. In microwave receivers, SDR technology can be used to implement functions such as flexible frequency conversion, modulation and demodulation, and signal processing. However, the realization of SDR also faces challenges such as high-speed data acquisition and processing, which require advanced data conversion and parallel processing techniques.

5 Performance Test and Application

In order to evaluate the performance of a microwave receiver, a series of tests are required. Commonly used test metrics include sensitivity, selectivity, dynamic range, noise figure, and so on. Test methods include laboratory tests using instruments such as signal generators and spectrum analyzers, as well as field tests in real application scenarios. The analysis of test results can help identify deficiencies in the design and provide a basis for optimization.

In real-world applications, microwave receivers face a variety of challenges. For example, in radar systems, they need to deal with strong interference and complex multipath effects; in satellite communications, they need to overcome signal attenuation and Doppler effects caused by long-distance transmission. Through case studies, these challenges can be better understood and effective solutions can be found. Meanwhile,

the successful application cases also provide valuable experience for further optimization and improvement of microwave receivers.

6 Conclusion

This study has systematically explored the design and implementation methods of radio receivers in the microwave range. A series of innovative solutions are proposed through in-depth analysis of key aspects such as system architecture, hardware implementation and software processing. The study shows that reasonable design and optimization can significantly improve the performance and reliability of microwave receivers. Future research directions can focus on the application of higher frequency bands, more advanced signal processing algorithms, as well as integration and miniaturization to meet the increasing demand for wireless communications.

Список литературы

1. Чжан Минюань, Ли Хуацян. Принципы проектирования микроволнового радиоприемника. Электронный научно-технический пресс, 2018.

2. Ван, Л. и Чэнь, Х. Передовые методы проектирования микроволновых приемников. Операции IEEE по микроволновой теории и технике, 2019, 67(5) : 1892-1905.

3

4. Чэнь, Гуаньмин Чэнь и Хёнмэй Ван. Проектирование высокочастотной цепи и анализ целостности сигнала. Издательство университета Цинхуа, 2021.

m 5
i

t 6. Горбунов, В. Г. Сравнительный анализ методов «Прометей» и нечетких Вгношений в условиях принятия решений / В. Г. Горбунов, О. Л. Бордюжа, А. А. Нак // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.

iv 7. Карелин, А. Н. Решение задач тепло- и массообмена в технических объ- октах на основе компьютерного моделирования / А. Н. Карелин // Моделирова- ние систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 1. – С. 57-65. – DOI 10.12737/2219- 0767-2024-17-1-57-65. – EDN NESKWZ.

8. Курипта, О. В. Архитектурное решение проектирования сервисов про- странственно-временной навигации в образовательных учреждениях / О. В. Ку- рипта, О. В. Минакова, И. В. Поцербнева // Моделирование систем и процессов. –

М

К

Программное обеспечение радио для микроволновых приложений. Беспровод-

References

1. Zhang Mingyuan, Li Huaqiang. Principles of Microwave Radio Receiver Design. Electronic Science and Technology Press, 2018.
2. Wang, L. & Chen, H. Advanced Techniques in Microwave Receiver Design. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2019, 67(5) : 1892-1905.
3. Smith, J.R. & Johnson, M.K. Software-Defined Radio for Microwave Applications. Wireless Communications and Mobile Computing, 2020, 15(8) : 1123-1137.
4. Chen, Guangming Chen, and Hongmei Wang. High Frequency Circuit Design and Signal Integrity Analysis. Tsinghua University Press, 2021.
5. Brown, A.D. & Davis, E.T. Challenges and Solutions in Microwave Receiver Implementation. Microwave Journal, 2022, 65(3) : 78-92.
6. Gorbunov V. G., Bordyuzha O. L., Pak A. A. Comparative analysis of Prometheus methods and fuzzy relations in decision-making // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 42-56. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-42-56. – EDN LSMBMD.
7. Karelin, A. N. Solving problems of heat and mass transfer in technical facilities based on computer modeling / A. N. Karelin // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – pp. 57-65. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-57-65. – EDN NESKWZ.
8. Kuripta O. V., Minakova O. V., Potsebneva I. V. Architectural solution for designing space-time navigation services in educational institutions // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 1. – PP. 65-72. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-1-65-72. – EDN CNSEZA.

ИНТЕГРАЦИЯ ИИ В ЭЛЕКТРОНИКУ

А.В. Шевченко¹, Г.А. Спесивцев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. В данной работе анализируется применение ИИ в сфере производства чипов, дается целостный обзор развития технологий искусственного интеллекта (ИИ), применяемых в отрасли.

Ключевые слова: Искусственный интеллект (ИИ), производство чипов, нейросеть.

INTEGRATING AI INTO ELECTRONICS

A.V. Shevchenko¹, G.A. Spesivtsev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. This paper analyzes the use of AI in the chip industry and provides a holistic overview of the development of artificial intelligence (AI) technologies used in the industry.

Keywords: Artificial intelligence (AI), chip manufacturing, neural network

Введение

В наше время нейронные сети овладели навыком генерации множества типов контента, таких как изображение, текст, музыка и даже видео. Также нейросети способны писать неплохой код, который можно использовать в качестве отправной точки для написания собственной программы. ИИ начинает иметь спрос во многих сферах нашей жизни: медицине, архитектуре, бизнесе и тому подобное. Например, использование ИИ в электронике, а точнее в проектировании чипов, как процессоров, так и видеокарт.

В 2021 Google смогла снизить энергопотребление своих чипов к минимуму, спроектировав новую архитектуру, благодаря специализированной

нейросети, использующей обучение с подкреплением и расход электричества в качестве целевого признака (рисунок 1).

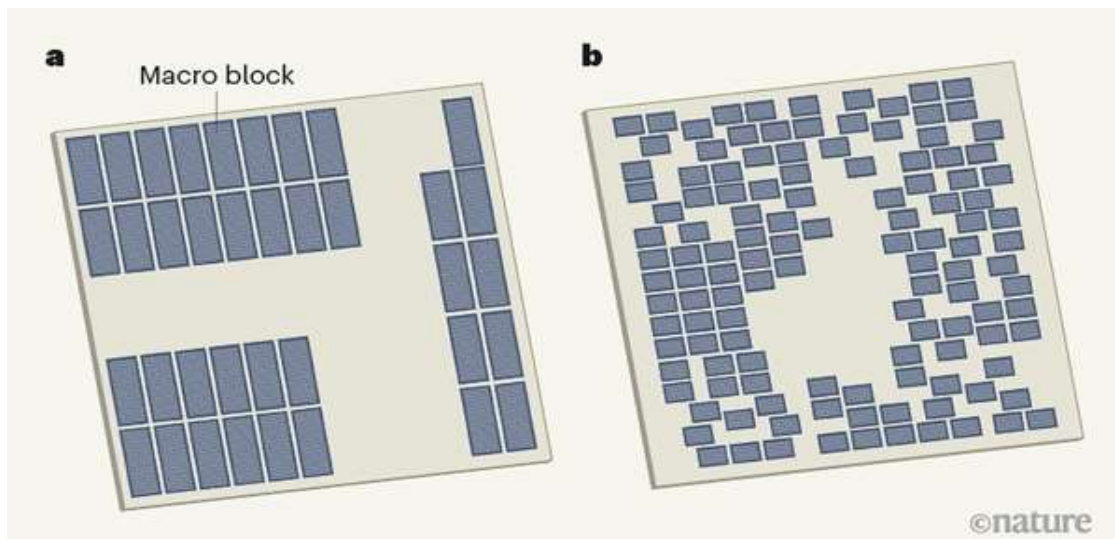


Рисунок 1 – Слева чип, созданный человеком, справа – нейросетью

У команды специалистов на проектирование может уходить до нескольких месяцев, когда у ИИ – несколько часов. Это позволяет не только улучшать качество продукта, но и экономить на процессе разработки чипов. Однако не стоит думать, что из-за этого люди могут потерять рабочие места, нейросеть слишком узконаправленна, что не позволяет ей видеть картину в целом, упуская множества мелких деталей, необходимых для корректной работы устройств, а также обладает различными недостатками по типу мультиколлинеарности признаков, переобучения или недообучения моделей.

Видеокарты NVIDIA способны улучшать производительность устройств в видеоиграх, сжимая изображение до более низкого разрешения, после чего с помощью встроенных тензорных ядер и нейросетей дорисовывая его до исходного размера. Данная технология называется DLSS и имеет аналоги от AMD (FSR) и Intel (XeSS). Также следуют упомянуть еще одну разработку NVIDIA: генерацию кадров (Frame Generation). ИИ сравнивает два подряд идущих кадра и генерирует промежуточный, который вставляется между ними. Обе эти технологии позволяют значительно уменьшить нагрузку на видеокарту, а в связке с технологией трассировки лучей (RTX), она способна выдавать изображение потрясающего качества, при приемлемой частоте кадров (FPS).

Нейросети стали настолько востребованы, что многие компании, в том числе и главный монополист рынка ИИ-ускорителей NVIDIA, стали выпускать

чипы, специализирующиеся на обучении и работе нейросетей. Например, недавно анонсированный в рамках конференции GTC 2024: Blackwell B200 – самый мощный чип в мире. Благодаря архитектуре Blackwell, новые ИИ-ускорители позволят работать с триллионами параметров, при этом их энергоэффективность будет в 25 раз превосходить нынешние аналоги (рисунок 2).

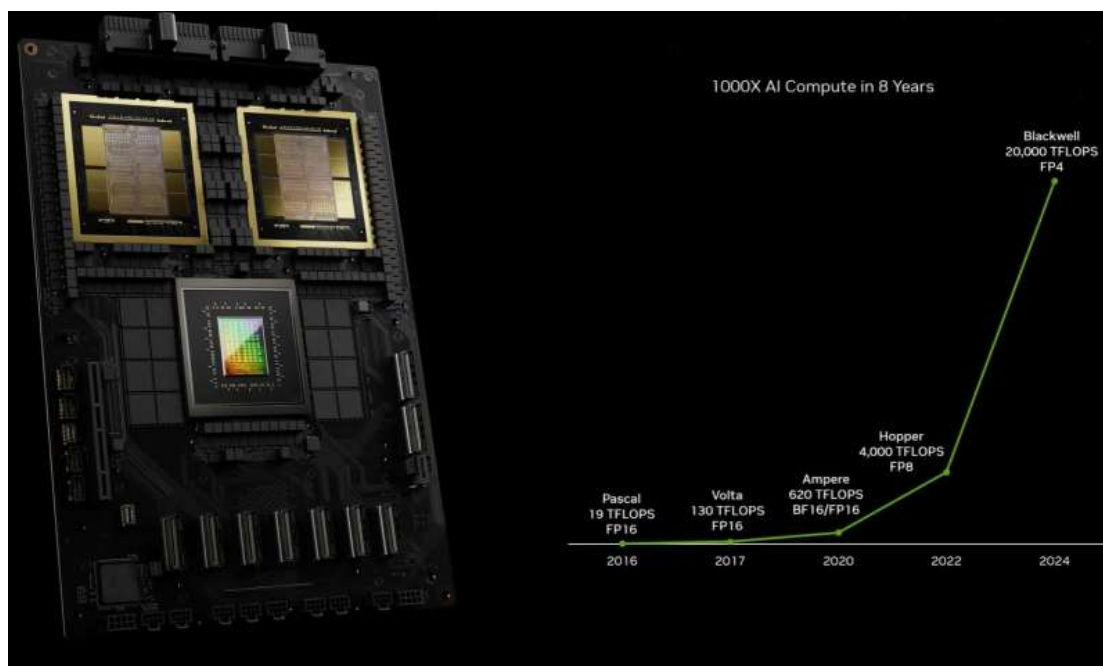


Рисунок 2 – Сравнение чипов на архитектуре Blackwell с чипами на других архитектурах

Заключение

Таким образом, искусственный интеллект участвует в полном “жизненном цикле” чипов: помогая в их проектировании, улучшая их работу в различных устройствах, и в конце концов становясь настолько востребованным в сфере электроники, что начинает быть целью разработки для отдельного кластера чипов, заточенных на повышение эффективности обучения и других параметров, присущих нейросетям.

Список литературы

1. Котляр, А. В. Искусственный интеллект: история, современные технологии и применение в промышленности / А. В. Котляр. – М.: Издательство "Бинном", 2020.
2. Стародубцева, А. В. Искусственный интеллект в бизнесе: от теории к практике / А. В. Стародубцева. – М: Издательство "Эксмо", 2021.

3. Захаров, С. А. Искусственный интеллект и будущее производства / С. А. Захаров. – М.: Издательство "Наука". – 2022.
4. Кораблин, С. Н. Моделирование температурных напряжений в фундаментных плитах здания / С. Н. Кораблин, С. Д. Николенко, С. А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 54-60.
5. Зольников, В. К. Балансировка нагрузки в облачных вычислениях / В. К. Зольников, О. В. Оксюта, Н. Ф. Даюб // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 25-32.
6. Зольников, К. В. Моделирование и оптимизация конструкции полосового фильтра на основе коаксиального резонатора / К. В. Зольников, Д. А. Ачкасов // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – EDN POHLTW.

References

1. Kotlyar, A.V. Artificial intelligence: history, modern technologies and application in industry / A. V. Kotlyar. – М.: "Binom" Publishing House, 2020.
2. Starodubtseva, A.V. Artificial intelligence in business: from theory to practice / A. V. Starodubtseva. – М.: "Eksmo" Publishing House, 2021.
3. Zakharov, S. A. Artificial intelligence and the future of production / S. A. Zakharov. – М.: "Nauka" Publishing House, 2022.
4. Korablin, S. N. Modeling of the temperature stresses in the foundation slabs of the building / S. N. Korablin, S. D. Nikolenko, S. A. Sazonova // Modeling of systems and processes. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 54-60.
5. Zolnikov, V. K. Load balancing in cloud computing / V. K. Zolnikov, O. V. Oksyuta, N. F. Daiub // Modeling of systems and processes. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 25-32.
6. Zolnikov, K. V. Modeling and optimization of the design of a bandpass filter based on a coaxial resonator / K. V. Zolnikov, D.A. Achkasov // Modeling systems and processes. – 2024. – Т. 17, No. 2.-S. 43-50. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-2-43-50. – Edn Pohltw.

Научное издание

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
И ТЕХНОЛОГИЙ – 2025

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 95-летию ВГЛУ и 80-летию Победы
в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов

Воронеж, 20 февраля 2025 г.

Ответственные редакторы В.К. Зольников, А.И. Заревич

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 28.05.2025. Объем данных 24,7 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8