

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ОЦИФРОВКИ АРХИВНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

С.А. Сазонова, А.В. Акименко, И.Н. Занин

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

Аннотация. Исследована задача разработки и реализации веб-сервиса для оцифровки архивных геологических карт с использованием алгоритмов компьютерного зрения. Проанализированы современные методы оцифровки и векторизации геологических карт. Выбраны алгоритмы, наиболее подходящие для задач распознавания символов, цифр и изолиний на геологических картах. Разработана архитектура веб-сервиса, включающая модули аутентификации пользователей, загрузки и хранения карт, их анализа и векторизации, а также интерфейс пользователя.

Ключевые слова: Веб-сервис, архитектура, геологические карты, алгоритмы компьютерного зрения, распознавание символов.

DESIGNING A WEB SERVICE FOR DIGITIZING ARCHIVAL GEOLOGICAL MAPS USING COMPUTER VISION ALGORITHMS

S.A. Sazonova, A.V. Akimenko, I.N. Zanin

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

Abstract. The task of developing and implementing a web service for digitizing archival geological maps using computer vision algorithms is investigated. Modern methods of digitization and vectorization of geological maps are analyzed. The algorithms that are most suitable for the tasks of recognizing symbols, numbers and contours on geological maps have been selected. The architecture of the web service has been developed, including modules for user authentication, downloading and storing maps, their analysis and vectorization, as well as a user interface.

Keywords: Web service, architecture, geological maps, computer vision algorithms, character recognition.

Геологические карты, являясь важным источником данных о геологической структуре и ресурсах земной коры, часто хранятся в аналоговом формате, что затрудняет их доступность и использование в современных исследованиях и практических приложениях. Проектирование веб-сервиса для автоматизированной оцифровки и анализа таких карт с использованием алгоритмов компьютерного зрения позволит сохранить ценные данные архивных карт, которые имеют историческую и практическую ценность.

В исследовании применяется новый подход к оцифровке архивных карт с применением современных технологий, позволяющих повышать скорость и точность процесса оцифровки за счет автоматизации ключевых этапов обработки данных.

Цель исследования - спроектировать простой и доступный для использования веб-сервис для оцифровки архивных геологических карт, направленный на использование мелкими геологическими фирмами, инженерно-геологическими архивами, а также на образовательные учреждения.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи:

- изучение существующих методов и подходов к оцифровке и анализу геологических карт;
- анализ и выбор наиболее подходящих алгоритмов компьютерного зрения для реализации веб-сервиса;
- проектирование архитектуры веб-сервиса, включая взаимодействие компонентов и интерфейс пользователя.

Для реализации исследования использовались методы анализа и сравнительного обзора существующих подходов к оцифровке геологических карт, методы проектирования программного обеспечения. В качестве теоретической основы были изучены работы в области геоинформатики, компьютерного зрения и обработки изображений, что позволило определить оптимальные методы и подходы для решения поставленных задач.

Рассмотрим основные способы векторизации картографического материала в геоинформационных системах.

Основные характеристики векторных изображений:

- форматы: SVG, EPS, PDF, AI;
- масштабируемость. Векторные изображения могут быть увеличиваемы или уменьшаемы в любом размере без потери качества, поскольку они основаны на математических формулах;
- гибкость редактирования. Изменения в векторном изображении, такие как изменение цвета, формы или размера, могут быть легко внесены с помощью графического редактора;
- размер файла. По сравнению с растровыми изображениями, файлы векторных изображений обычно имеют меньший размер, особенно при высоком разрешении;
- использование. Логотипы, схемы, диаграммы, карты, включая векторные геологические карты.

Такие характеристики векторных карт, как масштабируемость, размер файла, гибкость редактирования и точность представления геометрических объектов обуславливает повсеместное использование векторных изображений в геоинформационных системах (ГИС).

В геологии векторные изображения геологических карт позволяют создавать геологические профили с точным определением границ слоев, разломов; проводить анализ пространственного распределения минералов, полезных ископаемых, воды или всевозможных загрязнений. Также векторные

данные легко интегрируются в ГИС, что является важным преимуществом для будущего веб-сервиса.

Рассмотрим последовательность проектирования веб-сервиса для оцифровки карт. На рис. 1 приведена диаграмма компонентов как элемент языка моделирования UML.

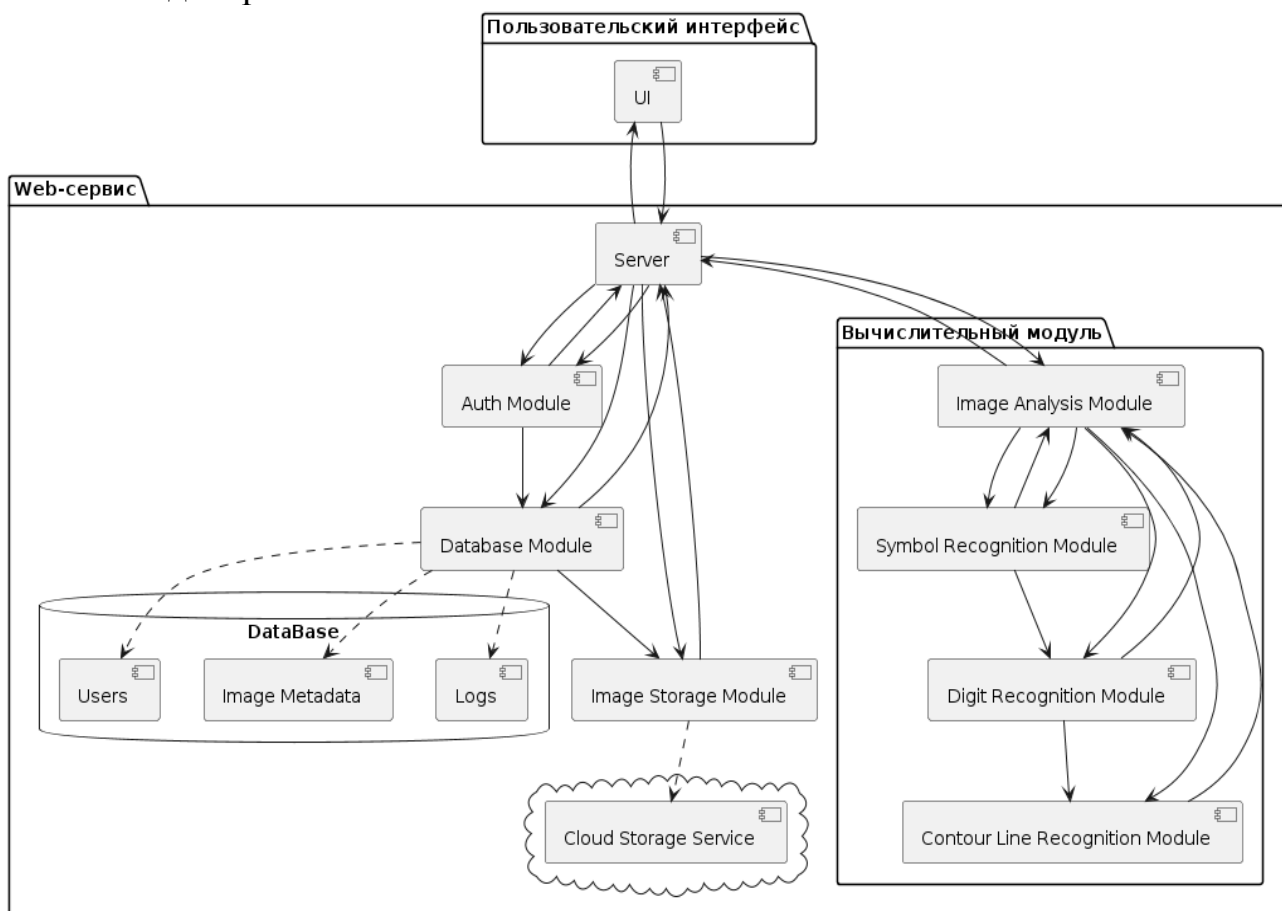


Рисунок 1 - Диаграмма компонентов

На рис. 2 и 3 изображены диаграммы классов. Класс характеризуется тремя составляющими: имя класса; список полей класса; список методов класса.

Имя класса должно быть уникальным в пределах диаграммы, быть в единственном числе. Поля класса (или атрибуты) представляют данные, хранимые в классе. Они описывают свойства объекта. Описание полей класса позволяет показывать тип поля, его идентификатор (также является уникальным), уровень видимости и кратность, если это необходимо. Методы класса представляют собой функции или процедуры, которые выполняют действия над объектами класса или взаимодействуют с другими объектами.

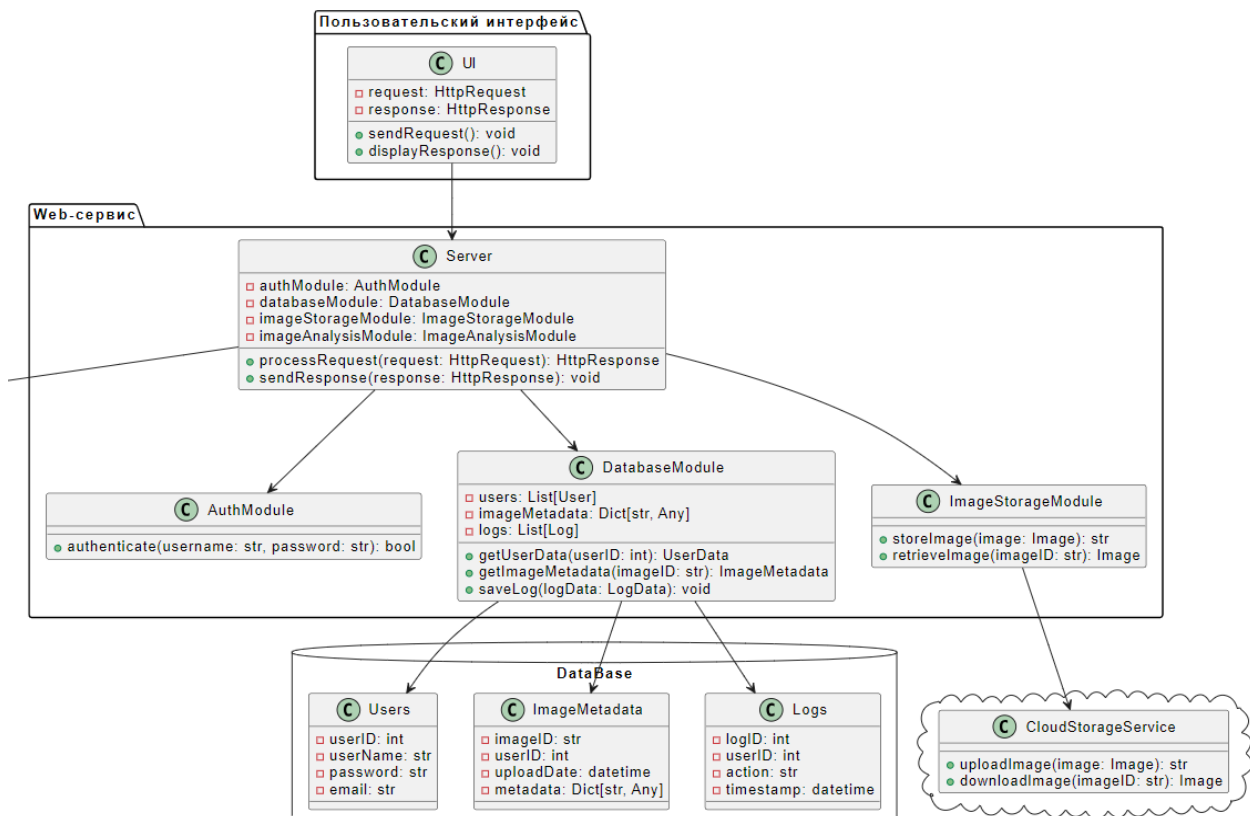


Рисунок 2 - Диаграмма классов

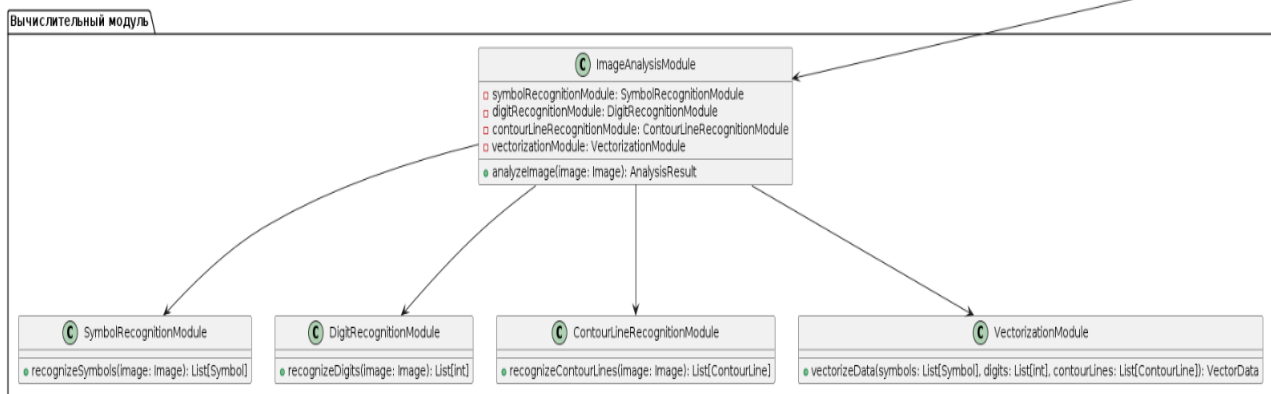


Рисунок 3 - Диаграмма классов (продолжение)

На рис. 4 приведена диаграмма деятельности UML, а на рис. 5 - диаграмма последовательности.

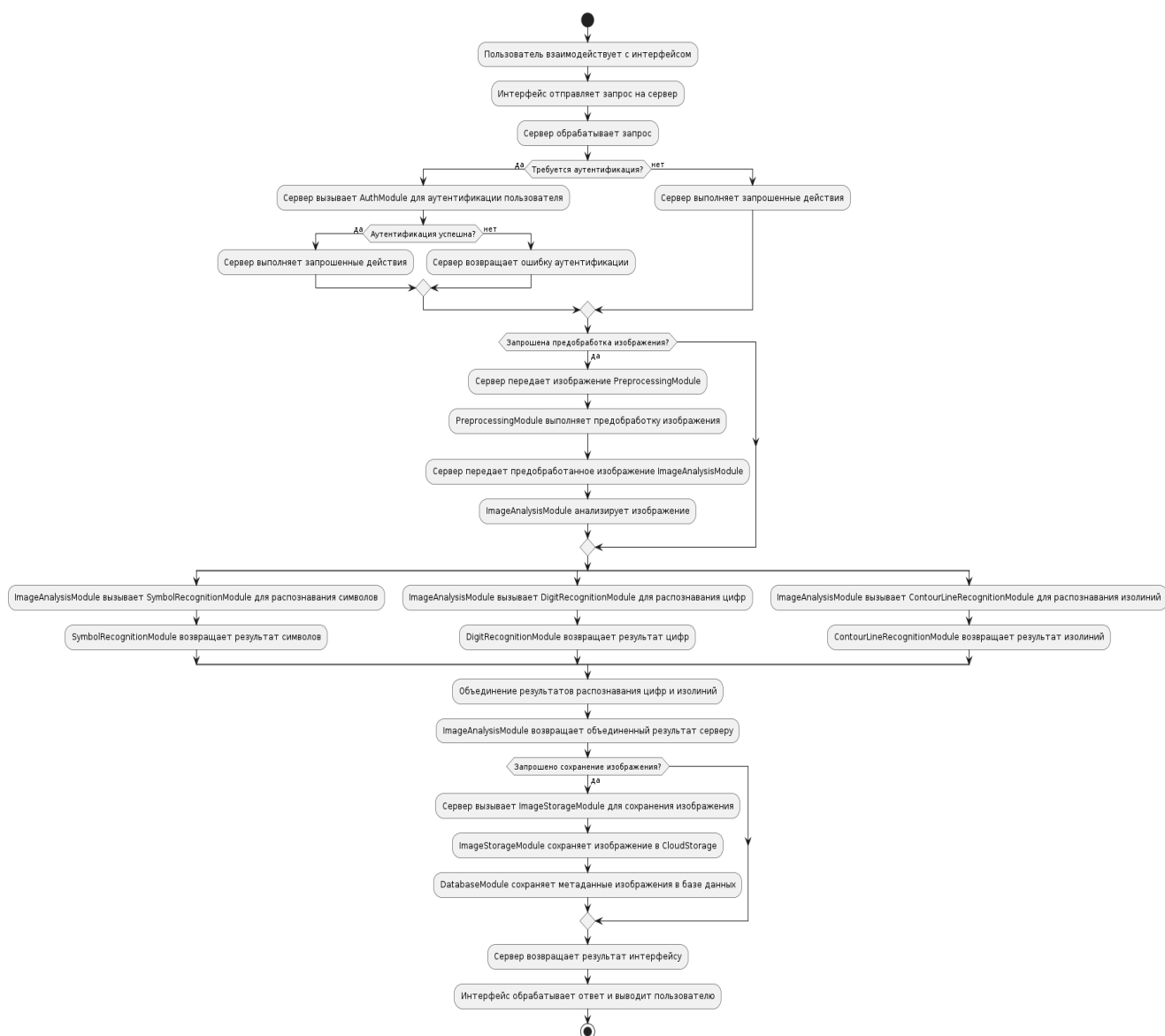


Рисунок 4 - Диаграмма деятельности

При разработке дизайна графического интерфейса пользователя для визуализации пользовательского интерфейса веб-сервиса была создана серия мокапов, которые позволили визуализировать структуру и элементы страниц. Мокап - это средне или высоко детализированное статичное представление дизайна.

Мокапы включали в себя:

1. Главную страницу с возможностью навигации и вывода сохраненных карт (рис. 6).
2. Страницу загрузки карты с полями для выбора файла и ввода метаданных (рис. 7).
3. Интерфейс доработки векторизованных карт (рис. 8).

Страница загрузки карт показывает, что для добавления нового изображения нужно пройти три этапа. На первом происходит загрузка файлов карты, после чего необходимо указать уникальное название для быстрого поиска в каталоге, в конце необходимо выбрать область для анализа карты.

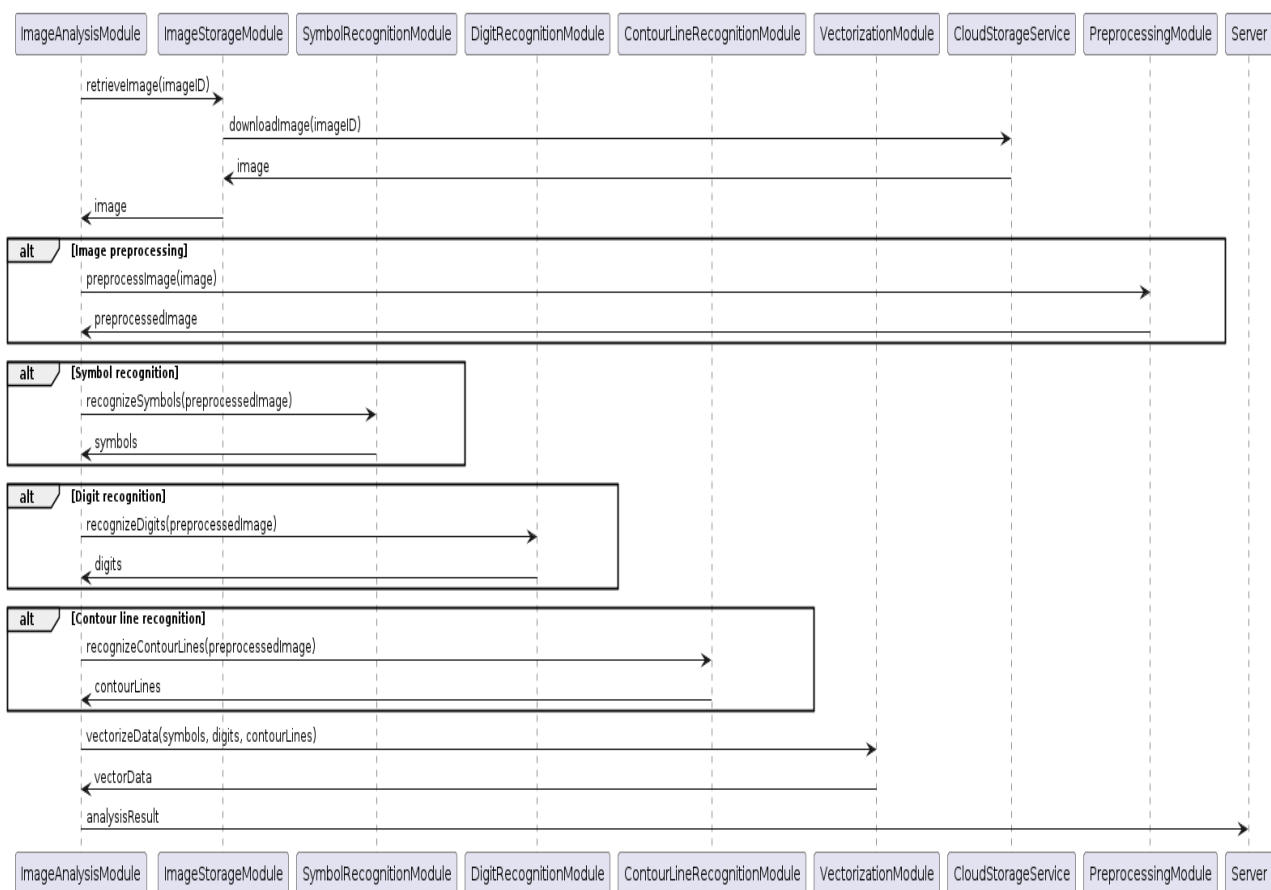


Рисунок 5 - Диаграмма последовательности



Рисунок 6 - Главная страница авторизованного пользователя

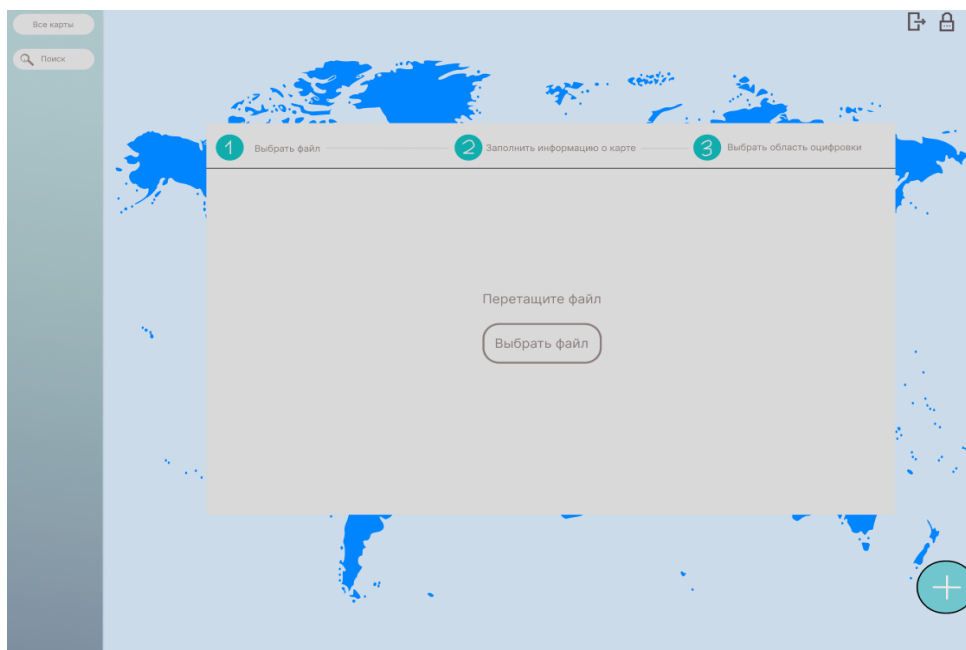


Рисунок 7 - Страница загрузки карты

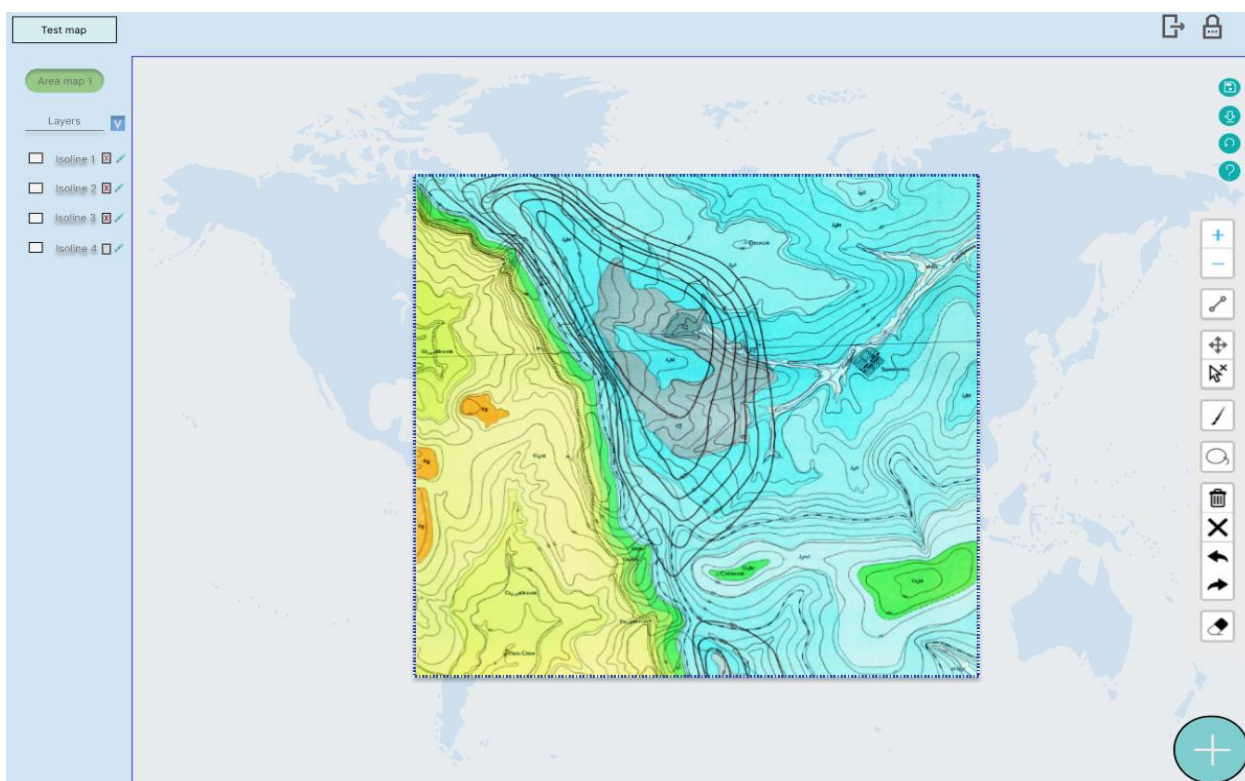


Рисунок 8 - Страница редактирования результатов анализа

Страница просмотра карты позволяет редактировать результаты анализа изображения, после чего можно экспортировать в формате GeoJSON.

В левой части страницы расположены слои изолиний для просмотра и редактирования. В правой верхней части расположена панель инструментов, основными функциями которой являются: сохранение внесенных изменений; экспорт результатов; перезапуск или отмена операции; кнопка помощи, предназначенная для вывода пользовательской инструкции. Также в правой

части расположена панель инструментов для редактирования непосредственно изображения карты пользователем.

Рассмотрим базы данных и хранилища. Облачное хранилище данных - это сервис, предоставляемый интернет-провайдерами, который позволяет пользователям хранить файлы, фотографии, видео и другие данные в удаленном сервере. Эти данные доступны для просмотра, скачивания и синхронизации через интернет. Облачное хранилище часто используется для резервного копирования данных, совместной работы над документами и доступа к файлам с различных устройств.

Amazon S3 – это объектное хранилище, рассчитанное на хранение и извлечение любых объемов данных из любой точки сети.

Основные особенности Amazon S3:

- масштабируемость и высокая доступность;
- безопасность данных благодаря шифрованию и контролю доступа;
- гибкость в управлении данными с помощью политик жизненного цикла;
- низкая стоимость хранения данных;
- интеграция с другими сервисами AWS.

В Amazon S3 доступны следующие типы хранилищ (классы хранения):

- S3 Standard - стандартный класс хранения для часто используемых данных. Обеспечивает высокую доступность (99,99%) и надежность (99,999999999%) данных;
- S3 Intelligent-Tiering - автоматически перемещает данные между двумя уровнями доступа (частый и редкий) в зависимости от частоты обращения к ним, оптимизируя затраты;
- S3 Standard-IA (Infrequent Access) - для редко используемых данных, требующих быстрого доступа. Предлагает более низкую стоимость хранения по сравнению со стандартным классом;
- S3 One Zone-IA - аналогичен S3 Standard-IA, но данные хранятся только в одной зоне доступности, что снижает стоимость хранения;
- S3 Glacier - для архивного хранения данных, к которым требуется редкий доступ. Предлагает самую низкую стоимость хранения, но более высокую стоимость извлечения данных;
- S3 Glacier Deep Archive – самый дешевый класс для долгосрочного архивного хранения данных, к которым требуется очень редкий доступ.

Рассмотрим клиентскую часть. Разработка графического интерфейса пользователя (GUI) - это процесс создания визуального интерфейса для взаимодействия пользователя с компьютерной системой или приложением. GUI включает в себя элементы, такие как меню, кнопки, значки, списки и другие, которые представлены в виде графических изображений.

Этапы разработки GUI:

- исследование - определение основных принципов и требований к интерфейсу;

- прототипирование - создание прототипа интерфейса для тестирования и отработки идеи;
- разработка дизайн-концепции - создание дизайн-концепции интерфейса, включая выбор цвета, формы и других элементов;
- разработка финальных макетов - создание финальных макетов интерфейса, готовых к программированию;
- программирование - реализация интерфейса с помощью программного обеспечения;
- тестирование - тестирование интерфейса на реальных пользователях, чтобы убедиться в его эффективности и удобстве.

Для реализации интерфейса с помощью программного обеспечения традиционно используется мультипарадигменный язык программирования - JavaScript, язык описания внешнего вида веб-страницы - CSS и язык гипертекстовой разметки документов для просмотра веб-страниц в браузере - HTML. В целом, традиционный подход покрывает нужды пользователей для проектируемого веб-сервиса. Также можно использовать библиотеку Leaflet.js, которая позволяет создавать интерактивные онлайн-карты.

Стоит добавить, что графический интерфейс также можно разрабатывать на языке Python, который имеет множество библиотек, которые подходят для разработки простых интерфейсов, прототипов или создания современных сложных приложений.

Рассмотрим вычислительный модуль. Для анализа изображений и выделения необходимых элементов подходит использование библиотек OpenCV и TensorFlow/Keras.

Основные возможности OpenCV в области обработки изображений: чтение и запись изображений в различных форматах, таких как JPEG, PNG, BMP и др.; доступ к отдельным пикселям изображения и работа с ними; масштабирование и изменение размера изображений; обрезка изображений (кадрирование); отражение и поворот изображений; фильтрация изображений (сглаживание, резкость, размытие и др.); коррекция яркости и контрастности; обнаружение краев и контуров; сегментация изображений; детекторы и дескрипторы объектов; машинное обучение для распознавания образов.

Для решения задачи обнаружения объектов может быть использована модель сверточной нейронной сети - YOLO (You Only Look Once) или SSD (Single Shot Detector), однако YOLO также можно использовать для классификации объектов с различной степенью точности, в зависимости от модели.

Для реализации и обучения моделей машинного обучения можно использовать библиотеку TensorFlow. TensorFlow поддерживает множество задач машинного обучения, а также примеры лучших практик для обучения собственных моделей через TensorFlow Model Garden.

В заключение отметим, что в данной работе была исследована задача разработки и реализации веб-сервиса для оцифровки архивных геологических карт с использованием алгоритмов компьютерного зрения.

В ходе исследования были проанализированы современные методы оцифровки и векторизации геологических карт. Рассмотрены преимущества и недостатки различных подходов, что позволило выбрать наиболее эффективные алгоритмы для реализации веб-сервиса.

На основе сравнительного анализа были выбраны алгоритмы, наиболее подходящие для задач распознавания символов, цифр и изолиний на геологических картах. В частности, использованы алгоритмы бинаризации, сегментации и упрощения геометрических объектов, такие как алгоритм Рамера-Дугласа-Пекера.

Была разработана архитектура веб-сервиса, включающая модули аутентификации пользователей, загрузки и хранения карт, их анализа и векторизации, а также интерфейс пользователя. Диаграммы компонентов, классов, деятельности и последовательности помогли структурировать компоненты сервиса и их взаимодействие.

К достоинствам проектируемого веб-сервиса можно отнести: автоматизацию процесса оцифровки, точность и эффективность, облачное хранение и доступность.

К недостаткам можно отнести: ограниченную функциональность в сравнении с крупными коммерческими решениями, такими как ArcGIS и Global Mapper, AutoCAD и др., требования к ресурсам.

В дальнейшем планируется расширение функциональности веб-сервиса, включающее поддержку дополнительных форматов данных, интеграцию с геоинформационными системами (ГИС) и улучшение алгоритмов распознавания и векторизации. При выполнении данной работы использовались материалы исследований [1-20].

Список литературы

1. The engineering problem of predicting fire spread in facilities with a mass stay of people / S. Sazonova, V. Asminin, T. Zyazina, D. Sysoev, A. Barsukov, A. Meshcheryakova, S. Korablin // AIP conference proceedings. Proceedings of the iv international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - С. 060014.

2. Формирование транспортного резерва в теплоэнергетических системах / С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, С.Н. Кораблин, Д.А. Володкин // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2022. - № 1 (27). - С. 28-34.

3. Engineering and security of the functioning of physical objects with a mass stay of people / S. Sazonova, V. Asminin, V. Zherdev, E. Epifanov, A. Venevitin, E. Druzhinina, S. Korablin // AIP conference proceedings. Proceedings of the iv international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - С. 060013.

4. Load-bearing control of materials and structures of multi-storey frame buildings / S. Sazonova, V. Asminin, T. Zyazina, D. Sysoev, O. Sokolova, A. Osipov, A. Lemeshkin // В сборнике: AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - С. 020028.

5. 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.

6. Елифанов, Е.Н. Математическое моделирование процессов в звуковом поле помещений при речевом оповещении / Е.Н. Елифанов, В.Ф. Асминин, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 3. - С. 21-30.

7. Асминин, В.Ф. Моделирование и компьютерная визуализация процесса прохождения звуковых волн и их рассеивания в облегченной звукоизолирующей панели с гофрированной ромбовидной структурой / В.Ф. Асминин, Е.В. Дружинина, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 3. - С. 7-20.

8. Методы обеспечения стойкости электронной компонентной базы к одиночным событиям путем резервирования / А.Е. Козюков, В.К. Зольников, С.А. Евдокимова, О.Н. Квасов, К.А. Яковлев, А.Д. Платонов // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 1. - С. 10-16.

9. Зольников, В.К. Состояние разработок элементной базы для систем связи и управления / В.К. Зольников, А.Ю. Кулай, В.П. Крюков, С.А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. - 2016. - Т. 9. - № 4. - С. 11-13.

10. Анализ проектирования блоков RISC-процессора с учетом сбоеустойчивости / В.К. Зольников, А.С. Ягодкин, В.И. Анциферова, С.А. Евдокимова, Т.В. Скворцова, А.И. Яньков // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 56-65.

11. 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.

12. Сазонова, С.А. Разработка программных продуктов с использованием символьных и строковых переменных в объектно-ориентированной среде / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 3. - С. 44-54.

13. Asminin, V.F. Reducing the vibration excitability of a metal plate by applying variable vibrodamping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. Namangan, Uzbekistan, 2024. - С. 03003.

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

15. Особенности проектирования микросхем, выполненных по глубоко-субмикронным технологиям / А.В. Ачкасов, М.В. Солодилов, Н.Н. Литвинов, П.А. Чубунов, В.К. Зольников, Д.В. Шеховцов, О.Л. Бордюжа // Моделирование систем и процессов. - 2022. - Т. 15. - № 4. - С. 7-17.

16. 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. - № 4. - С. 136-148.

17. Полуэктов, А.В. Моделирование работы диода и оценка параметров его работы / А.В. Полуэктов, Р.Ю. Медведев, В.К. Зольников // Моделирование систем и процессов. - 2023. - Т. 16. - № 1. - С. 85-93.

18. Environmental impact consideration in the measures to improve the builders of different specialties working conditions / S.A. Sazonova, V.K. Zolnikov, K.V. Zolnikov, E.A. Anikeev, S.A. Evdokimova, A. Groshev, E. Grosheva // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. - С. 02007.

19. Разработка тестового кристалла при проектировании микросхем технологии КМОП / В.К. Зольников, О.В. Оксюта, К.А. Чубур, О.Н. Квасов // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 3. - С. 58-65.

20. Испытания фрагментов сварных конструкций на сопротивление усталостному разрушению / В.В. Колотушкин, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин, А.В. Кочегаров, А.И. Барсуков, О.А. Соколова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2024. - № 3. - С. 575-578.

References

1. The engineering problem of predicting fire spread in facilities with a mass stay of people / S. Sazonova, V. Asminin, T. Zyazina, D. Sysoev, A. Barsukov, A. Meshcheryakova, S. Korablin // AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - P. 060014.

2. Formation of transport reserve in thermal power systems / S.A. Sazonova, V.F. Asminin, S.N. Korablin, D.A. Volodkin // Information technologies in construction, social and economic systems. - 2022. - № 1 (27). - Pp. 28-34.

3. Engineering and security of the functioning of physical objects with a mass stay of people / S. Sazonova, V. Asminin, V. Zherdev, E. Epifanov, A. Venevitin, E. Druzhinina, S. Korablin // AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - P. 060013.

4. Load-bearing control of materials and structures of multi-storey frame buildings / S. Sazonova, V. Asminin, T. Zyazina, D. Sysoev, O. Sokolova, A. Osipov, A. Lemeshkin // AIP conference proceedings. Proceedings of the IV international conference on modernization, innovations, progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering: MIP: Engineering-IV-2022. Melville. - 2024. - P. 020028.
5. 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. - T. 10. № 1 (36). - C. 69-81.
6. Epifanov, E.N. Mathematical modeling of processes in the sound field of rooms with speech notification / E.N. Epifanov, V.F. Asminin, S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 3. - Pp. 21-30.
7. Asminin, V.F. Modeling and computer visualization of the process of sound waves passing and scattering in a lightweight soundproof panel with a corrugated diamond-shaped structure / V.F. Asminin, E.V. Druzhinina, S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 3. - Pp. 7-20.
8. Methods of ensuring the stability of the electronic component base to single events by redundancy / A.E. Kozyukov, V.K. Zolnikov, S.A. Evdokimova, O.N. Kvasov, K.A. Yakovlev, A.D. Platonov // Modeling of systems and processes. - 2021. - Vol. 14. - No. 1. - pp. 10-16.
9. The state of development of the element base for communication and control systems / V.K. Zolnikov, A.Y. Kulai, V.P. Kryukov, S.A. Evdokimova // Modeling of systems and processes. - 2016. - Vol. 9. - No. 4. - pp. 11-13.
10. Analysis of the design of RISC processor blocks taking into account fault tolerance / V.K. Zolnikov, A.S. Yagodkin, V.I. Antsiferova, S.A. Evdokimova, T.V. Skvortsova, A.I. Yankov // Modeling of systems and processes. - 2019. - Vol. 12. - No. 4. - pp. 56-65.
11. Asminin, V.F. Protection from noise of vibro-excited thin-walled structural elements of machine tools with discrete vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2023. - No. 12. - Pp. 161-169.
12. Sazonova, S.A. Development of software products using symbolic and string variables in an object-oriented environment / S.A. Sazonova // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 3. - Pp. 44-54.
13. Asminin, V.F. Reducing the vibration excitability of a metal plate by using variable vibration damping inserts / V.F. Asminin, S.A. Sazonova, A.S. Samofalova // IX International Conference on Advanced Agricultural Technologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. Namangan, Uzbekistan, 2024. - P. 03003.
14. Experimental studies of radiation effects on FRAM chips / V.K. Zolnikov, N.G. Gamzatov, V.I. Antsiferova, A.V. Poluektov, V.A. Fironov // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 3. - pp. 16-24.
15. Features of designing microcircuits made using deep-submicron technologies / A.V. Achkasov, M.V. Solodilov, N.N. Litvinov, P.A. Chubunov,

V.K. Zolnikov, D.V. Shekhovtsov, O.L. Bordyuzha // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 4. - pp. 7-17.

16. Development of algorithms and programs for analysis of electrical characteristics of BIS / A.S. Yagodkin, V.K. Zolnikov, T.V. Skvortsova, A.V. Achkasov, S.A. Kuznetsov, F.V. Makarenko // Modeling of systems and processes. - 2022. - Vol. 15. - No. 4. - pp. 136-148.

17. Poluektov, A.V. Modeling of diode operation and evaluation of parameters of its operation / A.V. Poluektov, R.Y. Medvedev, V.K. Zolnikov // Modeling of systems and processes. - 2023. - Vol. 16. - No. 1. - pp. 85-93.

18. Environmental impact consideration in the measures to improve the builders of different specialties working conditions / S.A. Sazonova, V.K. Zolnikov, K.V. Zolnikov, E.A. Anikeev, S.A. Evdokimova, A. Groshev, E. Grosheva // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. - p. 02007.

19. Development of a test crystal in the design of CMOS technology chips / V.K. Zolnikov, O.V. Oxyuta, K.A. Chubur, O.N. Kvasov // Modeling of systems and processes. - 2020. - Vol. 13. - No. 3. - pp. 58-65.

20. Tests of fragments of welded structures for fatigue failure resistance/ V.V. Kolotushkin, S.A. Sazonova, V.F. Asminin, A.V. Kochegarov, A.I. Barsukov, O.A. Sokolova // Proceedings of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 3. - Pp. 575-578.