

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛУЧАТЕЛЕЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ ИЗ ЧИСЛА МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

THE DEVELOPMENT OF A HORIZONTAL SCALING ARCHITECTURE FOR A WEB-
BASED INTERACTIVE ONLINE WHITEBOARD SERVICE

Горбунов В.А., доктор физико-математических наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Россия

Gorbunov V.F., DrSc in Physics and Mathematics, professor, professor, Vologda State University, Vologda, Russia

Кочкин Д.В., кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Россия

Kochkin D.V., PhD in technical science, Docent, Associate Professor, Vologda State University, Vologda, Russia

Панкратов Д.В., студент 4-го курса Института Математики, Естественных и Компьютерных Наук, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Россия

Pankratov D.V., 4th year student of the Institute of Mathematics, Natural and Computer Sciences, FSBEI HE «Vologda State University», Vologda, Russia

Аннотация. В статье рассматривается разработка интеллектуальной системы видеонаблюдения, предназначенной для обнаружения получателей государственных услуг из числа маломобильных групп населения. Предложенный подход основан на применении современных технологий компьютерного зрения и машинного обучения, что позволяет повысить эффективность оказания социальной помощи и оптимизировать взаимодействие между гражданами и государственными учреждениями. Система способна автоматически выявлять людей с ограниченной мобильностью в общественных местах, таких как центры предоставления государственных услуг, и обеспечивать их своевременную поддержку.

Ключевые слова: интеллектуальная система, видеонаблюдение, маломобильные группы населения, государственные услуги, компьютерное зрение, машинное обучение, автоматизация, социальная поддержка.

Abstract. The article discusses the development of an intelligent video surveillance system designed to identify recipients of state services among low-mobility population groups. The proposed approach is based on the use of modern computer vision and machine learning technologies, which improves the efficiency of social assistance delivery and optimizes interaction between citizens and government institutions. The system can automatically detect people with limited mobility in public places, such as state service centers, and ensure their timely support.

Keywords: intelligent system, video surveillance, low-mobility population groups, state services, computer vision, machine learning, automation, social support.

Введение

Актуальность проекта инновации обусловлена требованиями по постоянному совершенствованию качества предоставления государственных услуг (ГУ) на основе применения нейросетевой системы видеонаблюдения [1, 2] в ходе работы клиентских служб Отделений Фонда пенсионного и социального страхования Российской Федерации (РФ) по Вологодской области (ОСФР по Вологодской области). Реализации проекта обеспечит рост качества обслуживания клиентов, относящихся к маломобильным группам населения.

Целью данной работы является разработка и внедрение интеллектуальной системы видеонаблюдения на основе нейросетевых технологий для автоматического обнаружения получателей государственных услуг из числа маломобильных групп населения [3-5].

Постановка задачи

Основная задача в разработке ИС заключается в корректном распознавании всех людей, относящихся к числу маломобильным группам населения (люди на колясках, на ходунках и костылях).

Для решения данной задачи необходимо:

1. Анализ предметной области: Исследование текущих методов обнаружения МГН в общественных местах, анализ существующих решений на основе компьютерного зрения и машинного обучения [6].
2. Разработка архитектуры системы: Проектирование модульной структуры системы, выбор оптимальных алгоритмов детекции объектов (YOLO) и методов предобработки данных.
3. Сбор и подготовка данных: Создание датасета на основе видеозаписей с камер наблюдения, аннотация данных с метками для обучения модели.
4. Программная реализация MVP-приложения: Разработка прототипа системы с использованием Python, OpenCV, Ultralytics (YOLO), PIL [7].
5. Тестирование и оценка производительности: Проведение тестирования на реальных данных для оценки точности распознавания, скорости обработки кадров и устойчивости модели к переобучению.
6. Оптимизация модели: Улучшение точности модели путем корректировки архитектуры нейронной сети, увеличения объема обучающего датасета и применения методов регуляризации (Dropout).

Архитектура системы

Система состоит из нескольких взаимосвязанных компонентов, каждый из которых выполняет строго определенную функцию (Рис. 1) [8, 9].

1. Видеокамеры наблюдения
 - Источник видеопотока в формате RTSP (Real-Time Streaming Protocol).
 - Камеры поддерживают разрешение Full HD (1920x1080) и выше, что обеспечивает высокую детализацию изображения.
 - Данные передаются через локальную сеть в модуль предобработки данных.
2. Модуль предобработки данных
 - Функционал:
 - Нормализация изображений (коррекция яркости, контраста, цветового баланса).

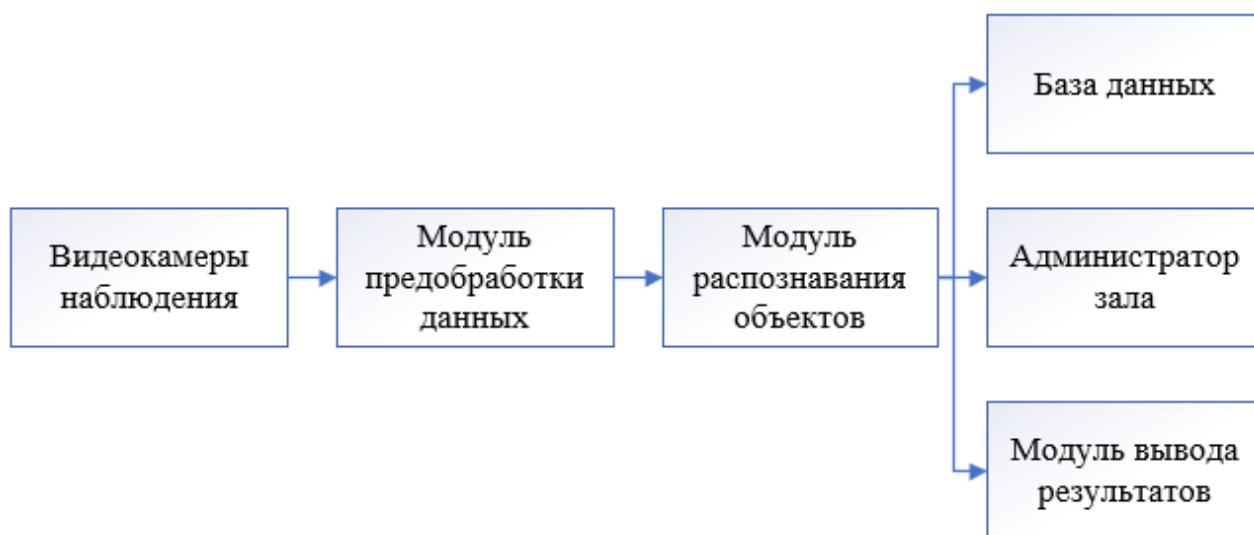


Рисунок 1 – Схема взаимодействия модулей

- Преобразование кадров в градации серого для снижения вычислительной нагрузки.
- Выбор ключевых кадров для анализа.
- Используемые библиотеки: OpenCV, NumPy.

3. Модуль распознавания объектов

Алгоритм: YOLOv8m, который обеспечивает хороший баланс между точностью и производительностью.

Обучение модели:

– Процесс обучения проводился на платформе Google Colab, что позволило использовать вычислительные мощности GPU NVIDIA Tesla T4 для ускорения обучения.

– Датасет состоял из более чем 4000 аннотированных изображений, собранных на основе видеозаписей с камер наблюдения клиентских служб Отделений Фонда пенсионного и социального страхования РФ по Вологодской области.

– Аннотация данных выполнялась с использованием инструментов LabelImg и CVAT, что обеспечило высокое качество разметки.

– Для увеличения разнообразия обучающего набора применялись методы аугментации данных, включая:

1. Поворот и отражение изображений.
2. Изменение масштаба и обрезка.
3. Корректировку яркости, контраста и насыщенности.

4. Модуль вывода результатов

Функционал:

– Визуализация результатов детекции на экране администратора (прямоугольники вокруг обнаруженных объектов, текстовые сообщения).

– Генерация уведомлений для администратора зала (push-уведомления).

5. База данных

СУБД: PostgreSQL.

Структура данных:

– Таблица detections: хранит информацию о времени, месте и количестве обнаруженных МГН.

– Таблица logs: журнал событий (время отправки уведомлений администратору).

Интеграция: Данные записываются в базу через API на основе Flask.

Тестирование

Тестирование системы проводилось в два этапа:

1. Синтетические данные: Модель тестировалась на предварительно аннотированных изображениях, чтобы оценить базовую точность детекции и классификации объектов.

2. Реальные данные: Система тестировалась на новых видеозаписях, полученных из клиентских служб Отделений Фонда пенсионного и социального страхования РФ по Вологодской области.

Анализ графиков метрик и потерь (Рис. 2):

На графиках box_loss, cls_loss и dfl_loss (потери для координат ограничивающих рамок, классификации и распределения длин) наблюдаются положительные тенденции:

Значения потерь как на тренировочном, так и на валидационном наборах данных демонстрируют снижение, что подтверждает успешное обучение модели и ее способность обобщать данные.

Разрыв между значениями потерь на тренировочной и валидационной выборках минимален, что указывает на отсутствие переобучения.

Графики precision (точности) и recall (полноты) сбалансированы, что свидетельствует о том, что модель не генерирует чрезмерное количество ложных положительных (FP) или ложных отрицательных (FN) результатов.

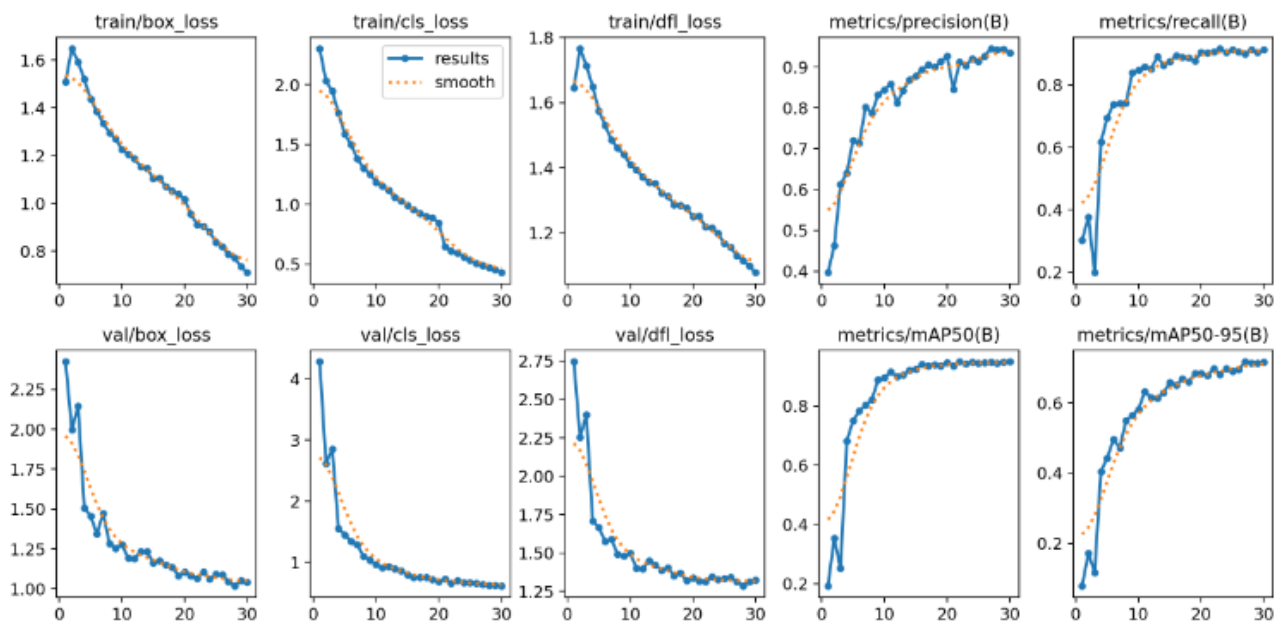


Рисунок 2 – Метрики и потери

Результаты

Полученные значения $\text{precision} = 0.95$ и $\text{recall} = 0.85$ на тренировочном наборе данных демонстрируют высокую эффективность модели в решении задачи детекции маломобильных групп населения (МГН).

Значение точности 0.95 указывает на то, что модель крайне редко допускает ложные положительные срабатывания (FP), то есть практически все предсказанные объекты отображаются верно. Это особенно важно в контексте задачи, так как минимизация ошибок такого рода снижает вероятность ненужного вмешательства персонала.

Значение полноты 0.85 подтверждает способность системы обнаруживать целевые объекты даже при изменении условий съемки или сложных сценариях (например, при различной освещенности или ракурсах камеры).

Заключение

Разработанная интеллектуальная система видеонаблюдения успешно решает задачу автоматического обнаружения маломобильных групп населения в клиентских службах. Высокие показатели точности и полноты свидетельствуют о надежности модели и ее способности минимизировать ошибки при детекции целевых объектов. Система обеспечивает своевременное информирование администраторов, что позволяет оперативно оказывать поддержку людям с ограниченной мобильностью. Внедрение системы способствует повышению качества обслуживания и оптимизации работы персонала в государственных учреждениях. Проект демонстрирует высокую социальную значимость и потенциал для масштабирования на другие регионы России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярышев, С.Н. Технологии глубокого обучения и нейронных сетей в задачах видеоанализа / С.Н. Ярышев, В.А. Рыжова. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2022. – 82 с.
2. Принципы построения самоорганизующихся информационно-телекоммуникационных систем / А.А. Суконщиков, А.Н. Швецов, И.А. Андрианов, Д.В. Кочкин // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2021. – № 1(100). – С. 56-67. – DOI 10.23859/1994-0637-2021-1-100-4.
3. Тихановский, Г.С. Исследование возможностей применения алгоритмов глубокого обучения и компьютерного зрения в задаче классификации грибов и ягод / Г.С. Тихановский, Д.В. Кочкин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2023. – № 4(22). – С. 41-46.
4. Махонин, М.Н. разработка системы распознавания товаров на базе нейронных сетей / М.Н. Махонин, Д.В. Кочкин // Школа практических инноваций - инженерному бизнесу региона : Материалы Всероссийской научно-практической конференции памяти профессора Александра Николаевича Шичкова, Вологда, 19 января 2024 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2024. – С. 177-182.
5. Махонин, М.Н. Детектор товаров на базе нейронной сети / М.Н. Махонин, Д.В. Кочкин // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес

(ИНФОС-2024) : материалы Пятнадцатой Международной научно-технической конференции, Вологда, 27–28 июня 2024 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2024. – С. 22-25.

6. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвиль. – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

7. Бейелер, М. OpenCV с помощью Python. Готовые решения для компьютерного зрения / М. Бейелер. – Москва: ДМК Пресс, 2017. – 222 с.

8. Модели и методы построения нейро-нечетких интеллектуальных агентов в информационно-телекоммуникационных системах / А.А. Суконщиков, И.А. Андрианов, С.В. Дианов [и др.]. – Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2021. – 152 с.

9. Селянин, Н.С. Влияние использования автоматического ИИ-диагностического модуля на эффективность работы сервисных центров / Н.С. Селянин, Д.В. Кочкин // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2024. – № 4(26). – С. 37-40.

10. Поузброк, А. Deep Learning for Computer Vision with Python / А. Поузброк. – 2017. – 1340 с.

REFERENCES

1. Yaryshev, S.N. Deep Learning and Neural Network Technologies in Video Analysis Tasks / S.N. Yaryshev, V.A. Ryzhova. – St.-Petersburg: ITMO University, 2022. – 82 p.

2. Principles of Building Self-Organizing Information and Telecommunication Systems / A.A. Sukonshchikov, A.N. Shvetsov, I.A. Andrianov, D.V. Kochkin // Bulletin of the Cherepovets State University. – 2021. – No. 1(100). – P. 56-67. – DOI 10.23859/1994-0637-2021-1-100-4.

3. Tikhonovsky, G. S. Research on the Possibilities of Applying Deep Learning and Computer Vision Algorithms in the Task of Classifying Mushrooms and Berries / G.S. Tikhonovsky, D.V. Kochkin // Bulletin of the Vologda State University. Series: Technical Sciences. – 2023. – No. 4(22). – P. 41-46.

4. Makhonin, M.N. Development of a Product Recognition System Based on Neural Networks / M.N. Makhonin, D.V. Kochkin // School of Practical Innovations - For the Engineering Business of the Region: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference in Memory of Professor Alexander Nikolaevich Shichkov, Vologda, January 19, 2024. – Vologda: Vologda State University, 2024. – P. 177-182.

5. Makhonin, M.N. Product Detector Based on a Neural Network / M.N. Makhonin, D.V. Kochkin // Intelligent Information Technologies and Intelligent Business (INFOS-2024): Proceedings of the Fifteenth International Scientific and Technical Conference, Vologda, June 27–28, 2024. – Vologda: Vologda State University, 2024. – P. 22-25.

6. Goodfellow, I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Moscow: DMK Press, 2018. – 652 p.

7. Beyeler, M. OpenCV with Python. Ready-Made Solutions for Computer Vision / M. Beyeler. – Moscow: DMK Press, 2017. – 222 p.

8. Models and Methods for Building Neuro-Fuzzy Intelligent Agents in Information and Telecommunication Systems / A.A. Sukonshchikov, I.A. Andrianov, S.V. Dianov [et al.]. – Kursk: Closed Joint-Stock Company "University Book", 2021. – 152 p.
9. Seljanin, N.S. The Impact of Using an Automatic AI Diagnostic Module on the Efficiency of Service Centers / N.S. Seljanin, D.V. Kochkin // Bulletin of the Vologda State University. Series: Technical Sciences. – 2024. – No. 4(26). – P. 37-40.
10. Rosebrock, A. Deep Learning for Computer Vision with Python / A. Rosebrock. – 2017. – 1340 p.