Петрозаводский государственный университет

Институт математики и информационных технологий

Кафедра прикладной математики и кибернетики

Практическая работа по предмету

Автоматизация управления предприятием

Проект технического задания

на разработку программного продукта

АО «Карельский окатыш»

Выполнили студенты 4 курса группы 22405:

О. А. Плугин

И. О. Левицкий

Петрозаводск — 2024

Оглавление

[1. Общие сведения 5](#_Toc192625699)

[1.1. Полное наименование системы и её условное обозначение 5](#_Toc192625700)

[1.2. Основания для проведения работ 5](#_Toc192625701)

[1.3. Наименование организации – Заказчика и Исполнителя 5](#_Toc192625702)

[1.3.1. Заказчик 5](#_Toc192625703)

[1.3.2. Исполнитель 5](#_Toc192625704)

[1.4. Плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы 6](#_Toc192625705)

[1.5. Сведения об источниках и порядок финансирования работ 6](#_Toc192625706)

[1.6. Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы, её установке и накладке компонентов 6](#_Toc192625707)

[2. Назначение и цели системы 6](#_Toc192625708)

[2.1. Назначение системы 6](#_Toc192625709)

[2.2. Цели системы 6](#_Toc192625710)

[3. Характеристика 7](#_Toc192625711)

[3.1. Краткие сведения об объекте автоматизации 7](#_Toc192625712)

[3.2. Технические требования к аппаратному обеспечечению 7](#_Toc192625713)

[4. Требования к системе 7](#_Toc192625714)

[4.1. Требования к системе в целом 7](#_Toc192625715)

[4.1.1. Требования к структуре и функционированию системы 7](#_Toc192625716)

[4.1.2. Требования к режиму работы системы 8](#_Toc192625717)

[4.1.3. Требования к надежности 8](#_Toc192625718)

[4.1.4. Требования к безопасности использования 9](#_Toc192625719)

[4.1.5. Требования к защите информации от несанкционированного доступа 9](#_Toc192625720)

[4.1.6. Требования к защите от влияния внешних воздействий 10](#_Toc192625721)

[4.1.7. Требования к безопасности 10](#_Toc192625722)

[4.2. Требования к функциям, выполняемым системой 10](#_Toc192625723)

[Функциональные требования к подсистемам 11](#_Toc192625724)

[4.2.1. Обнаружение сигналов светофора 11](#_Toc192625725)

[4.2.2. Классификация цвета сигнала 12](#_Toc192625726)

[4.2.3. Подача визуального и звукового предупреждения 12](#_Toc192625727)

[4.2.4. Логирование событий 12](#_Toc192625728)

[4.2.5. Взаимодействие с диспетчером 13](#_Toc192625729)

[4.3. Требования к потокам данных 13](#_Toc192625730)

[4.4. Требования к информационному обеспечению 14](#_Toc192625731)

[4.4.1. Описание объектов 14](#_Toc192625732)

[4.4.2. Описание сущностей 14](#_Toc192625733)

[4.4.3. Реляционная модель базы данных 14](#_Toc192625734)

[4.5. Спецификация функций 14](#_Toc192625735)

[4.5.1. Функция «Получение кадра с видеопотока» 14](#_Toc192625736)

[4.5.2. Функция «Обнаружение сигнала светофора» 15](#_Toc192625737)

[4.5.3. Функция «Классификация сигнала» 15](#_Toc192625738)

[4.5.4. Функция «Оповещение машиниста» 16](#_Toc192625739)

[4.5.5. Функция «Логирование событий» 16](#_Toc192625740)

[4.6. Требования к обеспечению системы 17](#_Toc192625741)

[4.6.1. Требования к лингвистическому обеспечению системы 17](#_Toc192625742)

[4.6.2. Требования к программному обеспечению системы 17](#_Toc192625743)

[4.6.3. Требования к методическому обеспечению системы 17](#_Toc192625744)

# Общие сведения

## Полное наименование системы и её условное обозначение

Полное наименование системы: Автоматизированная система информирования и мониторинга оповещения машинистов =СИМОМ=

Условное обозначение: СИМОМ

## Основания для проведения работ

Необходимость автоматизации мониторинга сигналов железнодорожных светофоров с целью повышения безопасности и подготовки к внедрению систем автопилота на железнодорожных составах.

## Наименование организации – Заказчика и Исполнителя

### Заказчик

Заказчик: АО Карельский Окатыш

Адрес: 186931, Республика Карелия, город Костомукша, ш. Горняков, стр. 284

Факс: +7 (8202) 53 0915

### Исполнитель

Исполнитель: ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Адрес: 185035, г. Петрозаводск, пр-т Ленина, д. 33

Факс: 71-10-00

Разработчиками были назначены студенты петрозаводского городского университета, направления «Информационные системы и технологии», группы 22405:

* Плугин Олег
* Левицкий Иван

## Плановые сроки начала и окончания работы по созданию системы

Срок начала работ: 01.10.24

Срок окончания работ: 01.12.24

## Сведения об источниках и порядок финансирования работ

Работы финансируются за счёт средств заказчика в соответствии с договором.

## Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы, её установке и накладке компонентов

По завершении работ по созданию системы Исполнитель предоставляет Заказчику программное обеспечение, документацию и проводит тестирование системы в условиях эксплуатации.

# Назначение и цели системы

## Назначение системы

Автоматизированная система (СИМОМ) предназначена для автоматического обнаружения, классификации и оповещения о запрещающих сигналах на железнодорожных светофорах, используемых на территории АО «Карельский окатыш». Система обеспечивает визуальный и звуковой контроль сигналов для машинистов и интеграцию с будущими решениями по автоматизированному управлению локомотивами.

## Цели системы

Основными целями внедрения системы являются:

* Повышение безопасности движения поездов, исключение случаев пропуска запрещающих сигналов и снижение риска аварийных ситуаций
* Автоматизация мониторинга сигналов светофоров, что уменьшает зависимость от человеческого фактора при восприятии информации
* Поддержка работы машинистов при движении в обратном направлении, когда визуальное восприятие ограничено
* Контроль внимания машинистов и анализ их реакции на запрещающие сигналы
* Фиксация и логирование данных о сигналах, что позволяет анализировать потенциальные нарушения и оптимизировать работу железнодорожной инфраструктуры
* Создание технологической основы для будущей автоматизации и внедрения автопилотируемых поездов на предприятии

# Характеристика

## Краткие сведения об объекте автоматизации

В рамках проекта был проведён анализ железнодорожной инфраструктуры предприятия, представленный в документе «Карельский окатыш – отчёт об исследовании». Автоматизируемый объект включает железнодорожные пути, локомотивы и сигнальные системы, обеспечивающие движение поездов на территории предприятия.

## Технические требования к аппаратному обеспечечению

Для обеспечения работы системы требуются следующие характеристики оборудования:

* Камеры: Минимальное разрешение: 1280x720 (HD), Рекомендуемое разрешение: 1920x1080 (Full HD)
* Процессор: не менее 4 ядер, тактовая частота от 2.5 ГГц (для возможности обработки распознавания железнодорожных сигналов в режиме реального времени)
* Подключение к сети: Подключение к Wi-Fi для передачи данных на сервер с целью обработки

Система должна быть адаптирована к условиям эксплуатации на предприятии и обеспечивать устойчивую работу при неблагоприятных факторах внешней среды.

# Требования к системе

## Требования к системе в целом

### Требования к структуре и функционированию системы

СИМОМ представляет собой десктопное программное обеспечение, работающее на сервере и выполняющее автоматизированное детектирование запрещающих сигналов железнодорожных светофоров. Возможны два варианта реализации:

1. На основе OpenCV – обнаружение окружностей с цветными зонами светофора и их анализ. Подходит для быстрого внедрения, но менее устойчив к изменению условий освещения.
2. На основе обученной модели YOLO – нейросетевой анализ изображений с высокой точностью детектирования и классификации сигналов.

Функциональные компоненты системы:

* Модуль захвата видео – обработка потока с камер, установленных на локомотивах.
* Модуль детектирования светофоров – идентификация объектов, определение их типа и состояния сигнала.
* Модуль классификации сигналов – интерпретация состояния (красный, жёлтый мигающий, зелёный).
* Модуль оповещения – визуальные и звуковые предупреждения машинисту.
* Серверная обработка и логирование – сохранение информации в базе данных и её анализ.

### Требования к режиму работы системы

Режимы работы системы:

* Нормальный режим – штатное функционирование, анализ видеопотока и передача данных на сервер

Система должна обеспечивать непрерывную работу 24/7 и возможность удалённого мониторинга через интерфейс для диспетчеров

### Требования к надежности

Общие требования к надежности системы определены стандартом ГОСТ 24.701-86 «Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения». Обеспечение необходимого уровня надежности включает:

* проведение тестирования системы в различных условиях эксплуатации
* резервное копирование критически важных данных для предотвращения их утраты
* устойчивость к ошибкам пользователей и аппаратным сбоя

### Требования к безопасности использования

Система должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования».

Все компоненты системы должны обеспечивать:

* безопасную эксплуатацию программного и аппаратного обеспечения
* контроль над нагрузкой на вычислительные мощности
* защиту от сбоев при внезапном отключении питания
* соответствие требованиям промышленной и эксплуатационной безопасности предприятия

### Требования к защите информации от несанкционированного доступа

Защита информации в системе должна соответствовать стандартам ГОСТ Р 57580.1-2017 «Безопасность финансовых (критически важных) систем» и ГОСТ 34.311-95 «Автоматизированные системы. Защита информации», а также Федеральным законом № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

Обеспечение безопасности включает:

* систему аутентификации и авторизации пользователей
* разграничение прав доступа в зависимости от роли (диспетчер, инженер, администратор)
* защиту передаваемых данных с использованием шифрования
* ведение журнала действий пользователей

### Требования к защите от влияния внешних воздействий

Система должна быть устойчива к внешним воздействиям и соответствовать ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов».

Защита должна обеспечивать:

* работу в условиях высокой запылённости и вибрации
* защиту аппаратного обеспечения от скачков напряжения с использованием источников бесперебойного питания
* сохранность данных при кратковременных перебоях в работе сети

### Требования к безопасности

Общие требования к безопасности соответствуют СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» и ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Система должна обеспечивать:

* Электронные компоненты системы должны иметь защиту от поражения электрическим током и перегрева
* Должны быть предусмотрены меры пожарной безопасности в серверных помещениях (огнетушители, датчики дыма)
* При эксплуатации оборудования необходимо соблюдать правила технической безопасности и охраны труда

## Требования к функциям, выполняемым системой

СИМОМ предназначена для автоматического распознавания сигналов, классификации их состояния и оповещения машинистов при обнаружении запрещающего сигнала.

Для выполнения этих задач система должна включать следующие подсистемы:

1. Подсистема обработки видеопотока
   * Захват изображений с камеры, установленной на локомотиве
   * Обнаружение и выделение области светофора в кадре
   * Классификация цвета сигнала (зелёный/красный)
   * Фильтрация ложных срабатываний (например, ошибки при плохом освещении)
2. Подсистема оповещения машиниста
   * Визуальное предупреждение на мониторе в кабине локомотива
   * Звуковой сигнал при обнаружении красного сигнала
   * Уровни оповещения в зависимости от уверенности алгоритма
3. Подсистема логирования и хранения данных
   * Запись информации о каждом обнаруженном сигнале в базу данных
   * Фиксация времени обнаружения, координат (если доступны), уверенности модели и времени остановки электровоза, идентификатор рейса, ответственного за рейс
   * Доступ к данным для последующего анализа
4. Подсистема взаимодействия с диспетчером и инженерами
   * Возможность просмотра зарегистрированных событий через интерфейс
   * Генерация отчетов о детектированных сигналах и реакциях машинистов
   * Анализ эффективности системы и корректировка параметров обнаружения

## Функциональные требования к подсистемам

### Обнаружение сигналов светофора

Функция «Обнаружение сигналов светофора» должна автоматически определять наличие светофора в поле зрения камеры.

Подзадачи:

* Захват изображения с видеопотока
* Выделение области, содержащей светофор
* Фильтрация по уверенности и длительности обнаружения

### Классификация цвета сигнала

Функция «Классификация цвета сигнала» должна определять, является ли текущий сигнал зелёным или красным.

Подзадачи:

* Анализ области с сигналом
* Определение преобладающего цвета
* Расчёт уверенности модели
* Логирование результата в базу данных

### Подача визуального и звукового предупреждения

Функция «Подача визуального и звукового предупреждения» должна уведомлять машиниста о состоянии сигнала.

Подзадачи:

* Отображение текущего сигнала на мониторе
* Генерация предупреждающего звука при обнаружении красного сигнала
* Различные уровни оповещения в зависимости от уверенности модели или сигнала светофора

### Логирование событий

Функция «Логирование событий» должна сохранять информацию о каждом обнаруженном сигнале в базу данных.

Подзадачи:

* Запись следующих параметров:
  + Тип сигнала (зелёный/красный)
  + Время обнаружения
  + Координаты (если доступны)
  + Уровень уверенности модели
  + Время фактической остановки электровоза (если был красный сигнал)
  + Идентификатор рейса
  + Ответственный за рейс

### Взаимодействие с диспетчером

Функция «Взаимодействие с диспетчером» должна предоставлять возможность просмотра логов и анализа эффективности системы.

Подзадачи:

* Отображение всех зарегистрированных событий в интерфейсе
* Фильтрация по времени, машинисту, уровню уверенности модели

## Требования к потокам данных

Потоки данных, необходимые для работоспособности системы представлены на диаграмме, изображенной на рисунке 1.

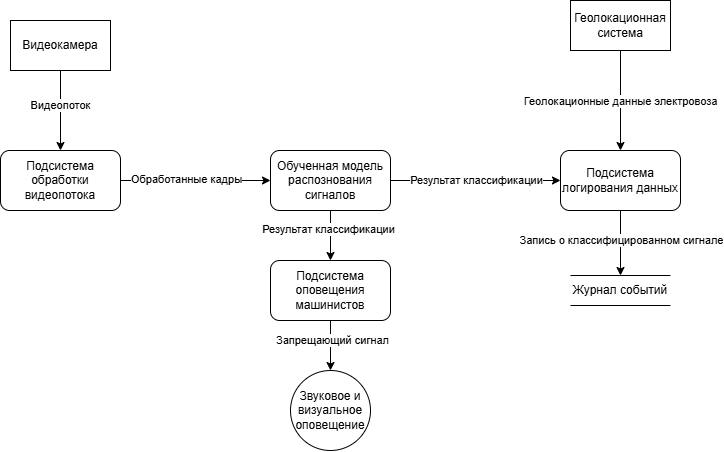


Рис. 1 – Диаграмма потоков данных

## Требования к информационному обеспечению

### Описание объектов

### Описание сущностей

Сущности представлены на диаграмме ER на рисунке 3.

### Реляционная модель базы данных

Реляционная модель представлена на диаграмме изображенной на рисунке 3.

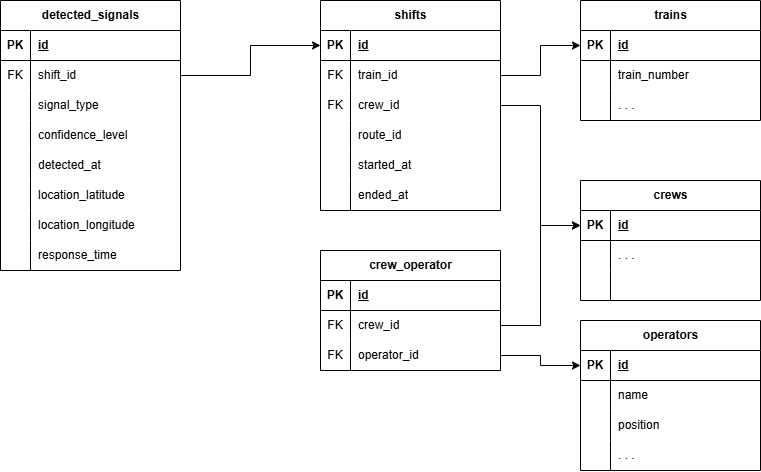


Рис. 2 – Реляционная модель базы данных

## Спецификация функций

### Функция «Получение кадра с видеопотока»

Функция отвечает за захват изображения с камеры локомотива и передачу его в модуль обработки.

Входные данные:

* + Видеопоток с камеры

Выходные данные:

* + Один кадр изображения в формате RGB/BGR

Тело функции:

* + Подключение к камере локомотива
  + Захват текущего кадра с заданной частотой
  + Обработка возможных ошибок
  + Передача кадра в модуль обнаружения сигнала светофора

### Функция «Обнаружение сигнала светофора»

Определяет положение светофора на кадре.

Входные данные:

* + Изображение кадра

Выходные данные:

* + Область изображения с предполагаемым светофором
  + Уровень уверенности модели

Тело функции:

* Применение предобработки (изменение яркости, контраста, шумоподавление).
* Выделение потенциальных сигналов светофора (масками через OpenCV или поиск натренированной моделью YOLO).
* Выбор наиболее вероятного сигналов светофора на изображении.
* Передача данных в модуль классификации сигнала.

### Функция «Классификация сигнала»

Определяет цвет обнаруженного светофора.

Входные данные:

* Область изображения с предполагаемым светофором
* Уровень уверенности обнаружения

Выходные данные:

* Цвет сигнала (красный/зелёный)
* Уровень уверенности классификации

Тело функции:

* При использовании OpenCV проверяется соответствие области оттенкам красного или зеленого цветов
* При использовании YOLO изображение отдаётся на классификацию модели
* Передача полученного сигнала в подсистему оповещения машиниста

### Функция «Оповещение машиниста»

Выводит предупреждение при обнаружении красного сигнала. Входные данные: Цвет сигнала Уровень уверенности Выходные данные: Визуальное и звуковое предупреждение

Тело функции:

* Если сигнал зелёный:  
  Отображение разрешающего знака движения
* Если сигнал красный:  
  При обнаружении этого сигнала определенное количество кадров подряд при соответствующей уверенности (фильтрация ошибочно обнаруженных сигналов) выводится предупреждающий о необходимости остановки сигнал  
  При превышении определенного уровня уверенности (например, 95%) предупреждающий сигнал выводится незамедлительно  
  В обоих случаях предупреждение дублируется на монитор для визуального оповещения
* Фиксация события в логах

### Функция «Логирование событий»

Функция сохраняет информацию о каждом обнаруженном сигнале в базе данных.

Входные данные:

* Подробные данные о текущем совершающемся рейсе
* Данные о полученном сигнале светофора с уверенностями моделей

Выходные данные:

* Запись в базу данных

Тело функции:

* Формирование записи с параметрами обнаруженного сигнала
* Сохранение в таблицу сведений о сигнале, а также о рейсе, которому принадлежит обнаруженный сигнал

## Требования к обеспечению системы

### Требования к лингвистическому обеспечению системы

Все интерфейсы системы должны быть выполнены на русском языке. Перевод текста на другие языки не требуется. Терминология системы должна соответствовать принятой в отрасли железнодорожных перевозок и промышленной автоматизации.

### Требования к программному обеспечению системы

1. Серверное оборудование
   * Серверная часть системы должна иметь возможность запускать Docker-контейнеры
2. Разработка и программные библиотеки
   * Основной язык разработки: Python
   * Используемые библиотеки: OpenCV, ultralytics, SQLAlchemy
   * База данных: PostgreSQL
3. Средства хранения и обработки данных
   * Логирование событий – встроенный журнал системы + резервное копирование
4. Программное обеспечение для обработки видеопотока
   * Используемый формат видеопотока: H.264 / H.265

### Требования к методическому обеспечению системы

Система должна соответствовать следующим нормативным документам:

* + ГОСТ 24.701-86 – Надёжность автоматизированных систем управления
  + ФЗ № 149 «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»
  + Внутренний устав компании