

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Отделение информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка алгоритмов распознавания автомобильных номерных знаков в условиях слабой видимости

УДК 004.932.75'1.021:629.3.066.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Шумилин Олег Петрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Спицын В.Г.	Д.Т.Н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Сосковец Л.И.	Д.И.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Н.А.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев А.О.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП ПРОГРАММЫ МАГИСТРОВ

09.04.02 «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные и профессиональные компетенции	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.
P8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями как при долгосрочном, так и при краткосрочном планировании.
Общекультурные компетенции	
P9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Савельев А.О.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Шумилину Олегу Петровичу

Тема работы:

Разработка алгоритмов распознавания автомобильных номерных знаков в условиях слабой видимости	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Программное обеспечение осуществляет сегментацию и распознавание символов номерных знаков автомобилей. Может быть востребовано в системах автоматической идентификации автомобилей.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	Обзор и анализ основных методов сегментации и распознавания автомобильных номерных знаков, проектирование структуры и содержания основных классов инфраструктуры разрабатываемого программного обеспечения, разработка основных компонентов программного обеспечения, расчет ресурсоэффективности и ресурсосбережения, анализ вредных производственных факторов.
Перечень графического материала	Блок-схема алгоритма, структура основных классов библиотеки, изображения результатов фильтрации,

	изображения работы алгоритма сегментации и распознавания номерных знаков.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор Отделения социально-гуманитарных наук ШБИП Сосковец Любовь Ивановна
Социальная ответственность	Старший преподаватель Отделения общетехнических дисциплин ШБИП Атепаева Наталья Александровна
Раздел на английском языке	Доцент Отделения иностранных языков ШБИП Сидоренко Татьяна Валерьевна Доцент Отделения информационных технологий ИШИТР Мирошниченко Евгений Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках	
Теоретический анализ задачи распознавания автомобильных номеров (Theoretical analysis of the problem of license plate recognition)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Спицын В.Г.	Д.Т.Н., профессор		10.02.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Шумилин Олег Петрович		10.02.2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2019	Теоретический анализ задачи распознавания автомобильных номеров	25
10.03.2019	Разработка алгоритма распознавания автомобильных номеров	35
10.04.2019	Проектирование и реализация программного обеспечения	25
25.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
03.06.2019	Социальная ответственность	5
03.06.2019	Раздел на английском языке	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Спицын В.Г.	Д.Т.Н., профессор		10.02.2019

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения ИТ	Савельев Алексей Олегович	К.Т.Н.		10.02.2019

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Шумилину Олегу Петровичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.02 «Информационные системы и технологии»

Тема ВКР:

Разработка алгоритмов распознавания автомобильных номерных знаков в условиях слабой видимости	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка потенциальных потребителей продукта, анализ конкурентных технических решений, QuaD-анализ, диаграмма Исикавы, SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цель и результат научного исследования, стейкхолдеры проекта, организационная структура проекта
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование этапов работы, исполнителей, формирование трудоемкости и графика разработки НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности исследования	Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности и сравнительная эффективность разработок

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	1.02.2019
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Сосковец Любовь Ивановна	д.и.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Шумилин Олег Петрович		

Перечень графического материала:

1. Карта сегментирования рынка
2. Оценочная карта сравнения конкурентных систем
3. QuaD-анализ
4. SWOT-анализ
5. Диаграмма Исикавы
6. Морфологическая матрица
7. Диаграмма Ганта

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Шумилину Олегу Петровичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.02 «Информационные системы и технологии»

Тема ВКР:

Разработка алгоритмов распознавания автомобильных номерных знаков в условиях слабой видимости	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой работу с языком программирования C++, в среде разработки Microsoft Visual Studio, предназначенной для разработки программного обеспечения. Может быть использовано на контрольно-пропускных пунктах, для платных парковок, для охраны и контроля въезда/выезда в жилые зоны.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 – ГОСТ 12.2.032-78 – Закон Томской области от 9 июля 2003 года № 83-ОЗ Об охране труда в Томской области (с изменениями на 4 июля 2014 года). – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Превышение уровня шума; – Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями; – Психофизиологические факторы; – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
3. Экологическая безопасность:	– Анализ воздействия объекта на литосферу: утилизация отходов, связанные с выходом из строя ПК.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Типичная ЧС – пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Шумилин Олег Петрович		

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 112 страниц, 35 рисунков, 26 таблиц, 40 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, автомобильные номера, распознавание номерных знаков, программное обеспечение, алгоритмы.

Объект исследования – технология распознавания автомобильных номеров, которая основывается на алгоритмах обработки изображений и распознавания символов.

Целью данной работы является разработка алгоритмов распознавания номерных знаков транспортных средств в условиях слабой видимости и разработка программного обеспечения, использующего данные алгоритмы.

Задачами данной работы является:

- ознакомиться с методами распознавания текста на изображениях;
- разработать алгоритм для распознавания номерных знаков автотранспортных средств в условиях слабой видимости;
- разработать программное обеспечение, использующее данный алгоритм.

В процессе исследования спроектировано и разработано два консольных приложения, реализующих алгоритм распознавания автомобильных номеров в условиях слабой видимости.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГРЗ – государственный регистрационный знак

OpenCV – Open Source Computer Vision Library

XML – eXtensible Markup Language

OCR – Optical Character Recognition

Caffe – Convolution Architecture For Feature Extraction

ReLU – Rectified Linear Units

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	16
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ	18
1.1 Введение в предметную область.....	18
1.2 Обзор систем распознавания автомобильных номеров.....	20
1.2.1 «Автомаршал».....	20
1.2.2 «Спецлаб-Трафик» (SL-Traffic)	21
1.2.3 «SecurOS Auto»	22
1.3 Тест систем распознавания автомобильных номеров	26
1.4 Алгоритмы и методы обработки изображений	27
1.4.1 Фильтр Гаусса	27
1.4.2 Детектор Кэнни.....	28
1.4.3 Детектор Хаара	28
1.4.4 Гистограммы яркости.....	32
1.4.5 Сверточные нейронные сети	33
1.5 Библиотеки для обработки изображений	36
1.5.1 OpenCV	36
1.5.2 Tesseract	36
1.5.3 Caffe	36
1.6 Заключение по аналитическому обзору	37
2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ ВИДИМОСТИ	39
2.1 Общее решение задачи.....	39
2.2 Структурная схема и описание алгоритма.....	39
2.3 Цифровая обработка номерной пластины.....	40

2.3.1	Преобразование в градации серого.....	40
2.3.2	Избавление от посторонних шумов.....	41
2.3.3	Бинаризация	41
2.3.4	Поиск контуров.....	42
2.3.5	Исключение неинформативных областей.....	42
2.3.6	Сегментация номерной пластины.....	43
2.4	Разработка алгоритма для сравнения	43
2.4.1	Поиск области автомобильного номера.....	43
2.4.2	Алгоритм нормализации угла наклона и масштаба.....	48
2.4.3	Алгоритм поиска нижней границы автомобильного номера	49
2.4.4	Алгоритм поиска верхней границы автомобильного номера	49
2.4.5	Алгоритм поиска боковых границ автомобильного номера.	50
2.4.6	Использование сверточной нейронной сети в задаче распознавания символов	50

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ ВИДИМОСТИ..... 52

3.1	Описание используемых технологий	52
3.2	Программное обеспечение, реализующее алгоритм распознавания номерных знаков в условиях слабой видимости	52
3.2.1	Архитектура программного обеспечения	52
3.2.2	Микроархитектура программного обеспечения.....	54
3.2.3	Распознавание символов.....	55
3.2.4	Результаты работы программного обеспечения	55
3.2.5	Вывод.....	56
3.3	Программное обеспечение реализующее доработанный алгоритм	56

3.3.1	Архитектура программного обеспечения	56
3.3.2	Микроархитектура программного обеспечения.....	57
3.3.3	Распознавание символов.....	59
3.3.4	Результаты работы программного обеспечения	60
3.3.5	Вывод	62
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	63
4.1	Предпроектный анализ.....	63
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	63
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	64
4.1.3	QuaD-анализ.....	65
4.1.4	SWOT-анализ	66
4.1.5	Диаграмма Исикавы	67
4.2	Определение возможных альтернатив разработки	68
4.3	Организация и планирование работ.....	69
4.3.1	Продолжительность этапов работ.....	69
4.3.2	Расчет накопления технической готовности	74
4.4	Бюджет научно-технического исследования.....	74
4.4.1	Расчет материальных затрат.....	75
4.4.2	Расчет основной заработной платы исполнителей системы. 75	
4.4.3	Расчет затрат по дополнительной заработной плате	76
4.4.4	Расчет отчислений во внебюджетные фонды.....	77
4.4.5	Расчет накладных расходов.....	77
4.4.6	Формирование бюджета затрат проекта	78
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	78

4.6	Вывод по разделу.....	81
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	82
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	82
5.2	Производственная безопасность	83
5.2.1	Отклонение показателей микроклимата	85
5.2.2	Недостаточная освещенность рабочей зоны	86
5.2.3	Превышение уровня шума.....	87
5.2.4	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.	88
5.3	Психофизиологические факторы	90
5.3.1	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	90
5.4	Экологическая безопасность	91
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
5.6	Выводы по разделу	94
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
	Приложение А.....	100
	Приложение Б.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Задача распознавания автомобильных номерных знаков востребована в программном обеспечении для контроля въезда и выезда транспортных средств с территории предприятий, парковок, контроля потока автотранспорта. Данное программное обеспечение может быть размещено в автосервисах, на контрольно-пропускных пунктах, пунктах контроля скорости.

Данная магистерская диссертация посвящена разработке и реализации алгоритма распознавания автомобильных номеров. Задачу распознавания автомобильных знаков можно разделить на две подзадачи: поиск номерного знака и распознавание символов номерного знака. В основном распознавание происходит в три этапа: предобработка изображения, сегментация и непосредственно распознавание символов.

Предобработка изображения включает в себя выделение номерной пластины и обработку специальными фильтрами, чтобы улучшить качество. С помощью этапа сегментации выделяются символы, после чего происходит распознавание каким-либо методом.

Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, используемые в алгоритмах распознавания автомобильных номерных знаков. А также исследование возможности применения искусственных нейронных сетей в качестве классификаторов цифробуквенных символов автомобильных номерных пластин.

Объектом исследования является технология распознавания автомобильных номерных знаков на основе алгоритмов обработки изображений и распознавания символов.

Целью данной работы является разработка алгоритма распознавания номерных знаков в условиях слабой видимости (например в случаях, когда номер находится не под прямым углом, когда сложно выделить границы самого номера, а также, если масштаб номера довольно маленький) автотранспортных средств и разработка программы, использующей данный алгоритм. Для достижения поставленной цели необходимо:

- ознакомиться с методами распознавания текста на изображениях;

- разработать алгоритм для распознавания номерных знаков автотранспортных средств в условиях слабой видимости;
- разработать программное обеспечение, использующее данный алгоритм.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

Существует большое количество промышленного программного обеспечения для распознавания автомобильных номеров. В данном разделе предлагается краткий аналитический обзор некоторых программных продуктов. Описание каждого продукта содержит информацию о названии, области применения и используемых технологиях распознавания.

1.1 Введение в предметную область

Действующий государственный стандарт Российской Федерации определяет 22 типа государственных регистрационных знаков (ГРЗ), устанавливаемых на транспортные средства [1]. Стандарт определяет основные размеры, а также технические требования к ГРЗ. Описанные в стандарте технические требования направлены на обеспечение безопасности дорожного движения, жизни, здоровья, сохранности имущества населения и охраны окружающей среды. В данной работе рассматривается распознавание ГРЗ первого типа с трехзначным и двухзначным кодом региона согласно действующему стандарту РФ [1]. Распознавание остальных типов ГРЗ в данной работе не рассматривается. Примеры ГРЗ типа 1 с двухзначным и трехзначным кодом региона регистрации показаны на рисунках 1.1 и 1.2.



Рисунок 1.1 – Знак типа 1 с двухзначным кодом региона [1]



Рисунок 1.2 – Знак типа 1 с трехзначным кодом региона [1]

Основная часть автомобильных номеров в России являются стандартными знаками 1993 года, определение которых содержит ГОСТ Р 50577-93 [1].

Автомобильные номерные знаки дипломатических транспортных средств, транспортных средств МВД, прицепов, военных транспортных средств имеют небольшое отличие от эталонного.

На эталонных автомобильных номерных знаках имеется комбинация из трех букв и трех цифр. Буквы обозначают серию номерного знака, а цифры - номер. В ГОСТ Р 50577-93 установлено, что для автомобильных номеров используется всего 12 букв кириллицы, которые имеют аналог в латинском алфавите – А, Е, В, Н, П, О, С, Т, У, Р, К, Х, М. В отдельной части номерного знака справа находится код региона, флаг России и надпись «RUS». Цифры имеют больший размер, чем буквы [2]. Для каждого региона Российской Федерации имеется общий для всех транспортных средств, зарегистрированных в данном регионе, номер. Число автомобильных номерных знаков для каждого региона ограничено по ГОСТ Р 50577-93 и составляет 1726000 знаков.

На рисунке 1.3 показано территориальное распределение кодов регионов регистрации транспортных средств.



Рисунок 1.3 – «География» кодов номерных знаков

1.2 Обзор систем распознавания автомобильных номеров

К наиболее популярному программному обеспечению для распознавания автомобильных номеров относятся:

- Программное обеспечение «Автомаршал»;
- Программное обеспечение «Спецлаб-Трафик»;
- Программное обеспечение «SecurOS Auto».

1.2.1 «Автомаршал»

Существует много программного обеспечения для распознавания автомобильных номеров, например, «Автомаршал». Это программное обеспечение используется для автоматизации процесса учета проезжающих зону контроля автомобилей [3].

«Автомаршал» применяется в ситуациях с:

- платными парковками;
- автоматическим розыском транспорта;
- контролем и охраной коттеджных поселков;
- контролем и охраной жилых комплексов;
- контрольно-пропускными пунктами заводов.

Возможности:

- учет проезда автомобилей и других транспортных средств;
- детектирование автотранспорта в контролируемой зоне и определение направления движения;
- поддержка баз данных по различным типам автомобилей – «Клиенты», «Белый список» и так далее;

Методы и технологии распознавания

Распознавание автомобильных номеров производится с помощью ядра распознавания «RecarKernel» (разработка научно-производственной компании «Малленом»). В системе распознавания автомобильных номеров «Автомаршал» для максимально надежной работы в различных условиях (день, ночь, осадки, яркое солнце, засветка от фар) используются два алгоритма, которые работают параллельно. Первый алгоритм основан на нейронных сетях,

второй алгоритм – классификатор на базе многомерной интерполяции и аппроксимации [3].

1.2.2 «Спецлаб-Трафик» (SL-Traffic)

Краткое описание продукта

Довольно популярным программным обеспечением является SL-Traffic. Оно используется для распознавания автомобильных номеров в режиме реального времени. SL-Traffic функционирует как видеофильтр, а также может быть встроен в практически любую систему видеозаписи.

Область применения

- контроль передвижения автомобилей, как в черте города, так и на автомобильных магистралях.
- в комплексе с программой «СпецЛаб – Досье» SL-Traffic служит для контроля безопасности, контроля въезда и выезда автотранспорта с автостоянок, коллективных гаражей, территорий с ограниченным доступом;
- в комплексе с программой «СпецЛаб – Проверка регистрации», разработанной специально для обеспечения эффективной работы сотрудников автоинспекции, «SL-Traffic» позволяет производить автоматическую регистрацию проезжающего через пост ГИБДД автотранспорта без участия человека.

Возможности:

- ускоренная работа по зонам поиска;
- регулирование скорости распознавания;
- работа как с собственным архивом, так и с другими базами данных.

Методы и технологии распознавания

Видеокамера устанавливается в контрольной точке в соответствии с вышеуказанными требованиями. Видеосигнал с этой камеры, установленный на компьютере с установленной на нем картой видеозахвата, обрабатывается в режиме реального времени с помощью программного обеспечения для распознавания номерных знаков "SL-Traffic" в следующей последовательности действий:

- видеозапись проезжающих транспортных средств;

- ведение архива;
- поиск номера по базам данных;
- обнаруженный номер распознается;
- передача полученной информации для регистрации и архивирования в базе данных выбранной по усмотрению пользователя;
- движущийся автомобиль обнаруживается в пределах диапазона действия камеры.

Пользователю предлагается 4 типа алгоритмов распознавания номеров [4]. Выбор лучшего из них производится пользователем самостоятельно для достижения наилучшего результата в конкретных условиях применения.

Работа программного модуля "SL-Traffic" совместно с программным обеспечением «СпецЛаб – Проверка регистрации» также осуществляется в режиме реального времени и практически мгновенно (в течение одной секунды) выполняет следующие операции:

- выполняет распознавание номеров;
- поиск по всем существующим базам данных в ГИБДД;
- когда преступная информация обнаружена, дается звуковое предупреждение и тревожное сообщение на экране монитора;
- вся полученная информация заносится в журнал.

1.2.3 «SecurOS Auto»

Краткое описание продукта

Система интеллектуального видеоанализа «SecurOS Auto» обеспечивает распознавание государственных номеров транспортных средств. «SecurOS Auto» функционирует на базе интеграционной платформы видеоменеджмента «SecurOS», что позволяет создать комплекс безопасности с необходимым заказчику функционалом.

Область применения

Область применения «SecurOS Auto» охватывает значительный круг задач от обеспечения безопасности на парковках до контроля потоков машин в масштабах города.

Возможности

- распознавать номерные знаки более 50 стран мира;
- распознавать номера по отдельным кадрам без использования видео;
- быстро настроить обновления для распознавания номеров новых стандартов;
- формировать базу данных распознанных номеров с сохранением сопутствующей информации о дате, времени и месте обнаружения автомобиля, скорости и направлении его движения, а также ссылки на видеофрагмент;
- организовать поиск распознанных ранее номеров по заданным параметрам;
- поддерживать одновременно внешние и внутренние списки номеров (информационные, белые, черные);
- автоматически проверять распознанный государственный регистрационный знак (ГРЗ) по внутренним и внешним спискам (базам данных);
- настроить необходимые реакции системы на распознавание номера, на результаты поиска;
- оперативно информировать оператора (поддерживается, в том числе, и голосовое оповещение) и/или отправить уведомление (email, SMS и проч.) внешним службам о результатах распознавания номера и/или о результатах сопоставления данных об автомобиле со списками номеров;
- создать необходимое количество АРМ операторов;
- автоматически генерировать отчеты различных видов на основе результатов распознавания, поиска по базам данных [5].

Методы и технологии распознавания

Модуль локализации формирует гипотезы о вероятном присутствии номерной пластины на изображении (в кадре) и корректно обрабатывает ситуации нахождения в кадре нескольких номерных пластин. Анализ основан на поиске участков кадра, имеющих специфичную для текста структуру яркостных перепадов. В настройках режима распознавания можно указать, следует ли искать номерные знаки в неподвижных зонах кадра.

Положение номерной пластины в кадре предсказывается не только на основе анализа текущего изображения, но и путем экстраполяции результатов распознавания на предшествующих кадрах.

Масштабирование и бинаризация изображения. Распознавание ГРЗ осуществляется в несколько этапов анализов двуградационного (бинаризованного) и полутонного изображений. Область кадра, указанная локализатором, масштабируется и затем бинаризуется с помощью собственного алгоритма. В результате возникает удобное для быстрого анализа изображение, состоящее только из белых и черных пикселей.

Распознавание номера. На этапе анализа бинарного изображения происходит обнаружение и распознавание символов номера, их выстраивание в последовательность знаков, а также поиск недостающих символов, исходя из используемых номерных шаблонов конкретной страны.

Сравнение изображения с набором шаблонов позволяет избежать ложного распознавания «артефактов», определения неправильного количества символов в номере, неправильного распознавания близко расположенных друг к другу символов и т.д.

В «SecurOS Auto» используются шаблоны, учитывающие геометрию расположения символов на номерных знаках. Как правило, распознавания трех-четырех символов в номере достаточно, чтобы корректно наложить на изображение шаблон. Это позволяет определить места расположения остальных символов и распознать их с высокой степенью вероятности. Шаблоны содержат информацию о допустимых последовательностях букв и цифр, их количестве, о физических размерах номеров – соотношениях длины и ширины рамок, о наличии изображения флага государства или других графических элементов. «SecurOS Auto» позволяет оперировать одновременно почти неограниченным количеством наборов шаблонов ГРЗ разных государств, однако для уверенного распознавания в темпе поступления видео рекомендуется использовать шаблоны не более, чем пяти-шести стран.

Реализованный анализ полутонного изображения позволяет существенно повысить точность распознавания. Это особенно важно, если

необходимо сделать выбор между несколькими «конкурирующими» вариантами, имеющими сходное написание, степень различия которых может стать еще меньше из-за малых размеров символа, низкого контраста, наличия помех и т.п.

Уточнение результата распознавания, т.е. повторное распознавание, производится в зависимости от результатов первого прохода. Исходное локализованное изображение обрабатывается повторно с иными настройками контрастности, изменением масштаба и прочими видами нормализации в зависимости от выявленной проблемы.

Межкадровое слияние результатов распознавания и выдача окончательного результата. Распознавание номера проводится на всех кадрах, где его размер и контраст укладываются в заданные пределы, а результаты передаются в модуль «Прослеживание» для межкадрового сопоставления, предсказания траектории номера на последующих кадрах видеоряда, а также выдачи финального результата (фиксации номера). Модуль «Прослеживание» может одновременно «вести» все номера, обнаруженные в кадре.

Для стабильно хороших результатов достаточно, чтобы номерной знак был виден как минимум на трех-пяти кадрах. К примеру, одна камера 25–30 кадр/сек, контролирующая зону дорожного полотна в 8 метров длиной, позволяет получить четыре и более кадров автомобиля, движущегося со скоростью 120–180 км/час. Такого количества кадров обычно достаточно для уверенного распознавания всех символов номерного знака.

Качество и скорость распознавания зависят от таких показателей, как качество оптики и выдержка камеры, достаточность освещенности зоны наблюдения, процессорная мощность сервера видеоаналитики и т.д. Экспертная оценка проекта и лабораторное тестирование, предшествующие созданию проектной спецификации, позволяют сохранять показатели распознавания на уровне 96% – 99,9%.

Окончательный результат распознавания выдается в виде «события», которое доступно всем модулям в составе «SecurOS». В зависимости от пользовательских настроек, «SecurOS» сохраняет весь фрагмент проезда ТС

либо его «наилучший кадр», определенный на основе промежуточных результатов распознавания.

«SecurOS Auto» имеет несколько режимов выдачи результата распознавания, которые зависят от пользовательских настроек. Два из них, – «дорога» и «парковка», предполагают, что камера установлена стационарно, а третий, – «мобильный», – что камера установлена в движущемся, например, патрульном автомобиле.

В режиме «дорога» распознаются лишь движущиеся номера, а результат выдается, когда номер выезжает за пределы кадра или в случае его «потери» в кадре (обычно в результате заслонения).

В режиме «парковка» распознаются также и неподвижные номера, а результат выдается и в случае остановки ТС, которое до этого находилось в движении. В последнем случае «SecurOS Auto» определяет, в какой момент машина с распознанным номером «выехала из кадра»; это событие может быть передано в систему управления шлагбаумом.

Сохранение результатов распознавания в базе данных и сопоставление со списками номеров и проверка превышения скорости.

Событие распознавания ГРЗ обрабатывается, в том числе, и в «Управляющем» модуле. Здесь происходит определение принадлежности номера той или иной полосе движения, определение скорости проехавшего автомобиля по данным радара, сохранение результата распознавания в собственной базе «SecurOS Auto», а также его проверка по внутренним и внешним спискам. Результат проверки, например, присутствие данного номера в базе угонов или превышение разрешенной скорости движения по данной полосе, также сохраняется в собственной базе, и кроме того посылаются в виде события в «SecurOS». В итоге «тревожная» строка появляется в пользовательском интерфейсе «SecurOS Auto».

1.3 Тест систем распознавания автомобильных номеров

Сотрудниками тестовой лаборатории журнала «PROSYSTEM CCTV» [6] были проведены испытания систем распознавания автомобильных номеров, предоставленных им различными фирмами.

Методика проведения тестов, достаточный объём тестового материала, возможность присутствия при тестировании представителей фирм-конкурсантов — исключают субъективность или неоднозначность толкования результатов.

В статье [6], представляющей результаты анализа, вводится понятие «точности распознавания», K . Точность системы пропорциональна количеству правильно распознанных номеров T и обратно пропорциональна общему количеству изображений – F . Таким образом мера точности распознавания может быть вычислена по формуле 1.1:

$$K = \frac{T}{F} \times 100, (1.1)$$

В таблице 1.1 приведен сравнительный анализ популярных систем, представленных на рынке программного обеспечения по распознаванию автомобильных номеров.

Таблица 1.1 – Обобщенная таблица результатов

Наименование системы	Количество правильно распознанных номеров (Т), %
Авто-Инспектор	94,19
Auto Trassir	83,07
CVS Авто	82,09
MegaCar	81,06
Overseer Traffic	79,89
АвтоУраган 3.3.2	89,69
АвтоУраган 3.4	90,45
ИнтеграВидеоАвто	81,77
Поток	86,38
ТелеВизарДАвто	51,33

1.4 Алгоритмы и методы обработки изображений

Для обработки изображений существует множество методов и алгоритмов, некоторые из них, которые использованы в данной работе, описаны далее.

1.4.1 Фильтр Гаусса

Фильтром Гаусса называется электронный фильтр, у которого функция Гаусса является импульсной переходной функцией. Фильтр Гаусса задуман так,

чтобы постоянная времени была максимальной и отсутствовало перерегулирование в функции перехода. Такое поведение тесно связано с тем, что фильтр Гаусса имеет минимально возможную групповую задержку.

Фильтр Гаусса обычно используется в цифровом виде для обработки двумерных сигналов (изображений) с целью снижения уровня шума [25].

1.4.2 Детектор Кэнни

В компьютерном зрении детектор границ Кэнни служит оператором обнаружения границ объектов на изображении. Данный оператор разработан в 86-м году XX века Джоном Кэнни. В детекторе Кэнни используется многоступенчатый алгоритм для того, чтобы можно было обнаружить широкий спектр границ на изображении.

Хотя его работа была проведена на заре компьютерного зрения, детектор границ Кэнни до сих пор является одним из лучших детекторов. Кроме особенных частных случаев трудно найти детектор, который бы работал существенно лучше, чем детектор Кэнни.

Основные этапы алгоритма:

- Сглаживание;
- Поиск градиентов;
- Подавление немаксимумов;
- Двойная пороговая фильтрация;
- Трассировка области неоднозначности.

1.4.3 Детектор Хаара

В данном разделе рассматриваются математические основы метода поиска объекта на изображении с помощью OpenCV и детектора Хаара.

Из преимуществ детектора Хаара можно выделить одно самое важное – скорость.

Быстрая обработка изображений позволяет легко обрабатывать видеопоследовательности. Детектор Хаара используется для распознавания большинства классов объектов. К ним относятся лица и другие части тела людей, номера автомобилей, пешеходы, дорожные знаки, животные и т.д.

Детектор Хаара реализован в библиотеке OpenCV. Это даёт огромное преимущество. Так как готовые реализации OpenCV есть под большинство существующих операционных систем (Android, Windows, Linux, ios).

Классификатор формируется на примитивах Хаара путем расчета характеристических значений. Для обучения ввод классификатора сначала снабжается набором «правильных» изображений с предварительно выбранной областью на изображении, затем осуществляется поиск примитивов и вычисление значения признака. Вычисленные значения сохраняются в файле в формате xml [12].

Признаки делятся на следующие типы в зависимости от множества D_f :

- бинарный признак, $D_f = \{0, 1\}$;
- номинальный признак: D_f — конечное множество;
- порядковый признак: D_f — конечное упорядоченное множество;
- количественный признак: D_f — множество действительных чисел

[16].

Признак Хаара вычисляется по смежным прямоугольным областям. В основном используются прямоугольные примитивы, изображенные на рисунке 1.4.

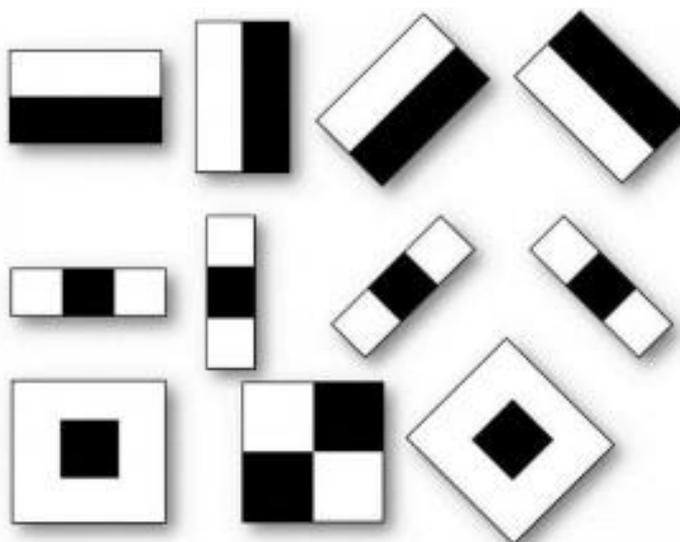


Рисунок 1.4 – Примитивы Хаара

Вычисляемым значением F признака Хаара будет (формула 1.2)

$$F = X - Y, (1.2)$$

где X - сумма значений яркости точек, закрытых светлой частью примитива, Y - сумма значений яркости точек, закрытых темной частью. С помощью функции Хаара дается точечное значение разности яркости по осям X и Y .

Поскольку их функции не подходят для обучения или классификации, требуется больше признаков для описания объекта с достаточной точностью. Поэтому признаки Хаара поступают в каскадный классификатор, который служит для быстрого опускания окон, где желаемый объект не найден, а результат является "истинным" или "ложным" относительно нахождения объекта [13].

Классификатор основан на алгоритме улучшения для выбора наиболее подходящих объектов для желаемого объекта на заданной части изображения. В целом усиление - это совокупность методов, повышающих точность аналитических моделей. Эффективная модель, допускающая множественные ошибки классификации, называется "сильной" моделью. "Слабый", наоборот, не позволяет надежно разделить классы или дать точные прогнозы, допускает большое количество ошибок. Таким образом, увеличение означает "усиление" "слабых" моделей, а это процедура последовательного построения композиции алгоритмов машинного обучения, когда каждый следующий алгоритм стремится компенсировать недостатки композиции всех предыдущих алгоритмов.

В результате усиления на каждой итерации формируется простой классификатор вида (формула 1.3):

$$h_{j(z)} = \begin{cases} 1, & \text{если } p_j f_j(z) < p_j \theta_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (1.3)$$

p_j – направление знака неравенства, θ_j – пороговое значение, $f_j(z)$ – вычисленное значение признака, z – окно изображения 24×24 пикселей [14].

Структура классификатора показана на рисунке 1.5.

Полученный классификатор имеет минимальную ошибку по отношению к текущим значениям весов, участвующих в процедуре обучения для определения ошибки.

Для поиска объекта в цифровом изображении используется обученный классификатор, представленный в формате XML-файлов. Классификатор формируется на примитивах Хаара.

```
<maxWeakCount></maxWeakCount>
<stageThreshold></stageThreshold>
<weakClassifiers>
  <_>
    <internalNodes>
      </internalNodes>
    <leafValues>
      </leafValues>
    </_>
  <_>
    <internalNodes>
      </internalNodes>
    <leafValues>
      </leafValues>
    </_>
  ....
</weakClassifiers>
```

Рисунок 1.5 – Структура классификатора

где *maxWeakCount* – количество слабых классификаторов;
stageThreshold – максимальный порог яркости;
weakClassifiers – набор слабых классификаторов, на основе которых выносится решение о том, находится объект на изображении или нет;
internalNodes и *leafValues* – параметры конкретного слабого классификатора.

Первые два значения не используются в *internalNodes*, третье – это номер объекта в общей таблице объектов (он находится в XML-файле под тегом *features*), а четвертое – пороговое значение слабого классификатора. Если значение признака Хаара меньше порога слабого классификатора, выбирается значение *leafValues*, если оно больше второго.

На основе этого строится каскад классификаторов, решающих, распознается ли объект на изображении или нет. Наличие или отсутствие объекта в окне определяется разностью между значением признака и порогом, полученным в результате обучения [12].

1.4.4 Гистограммы яркости

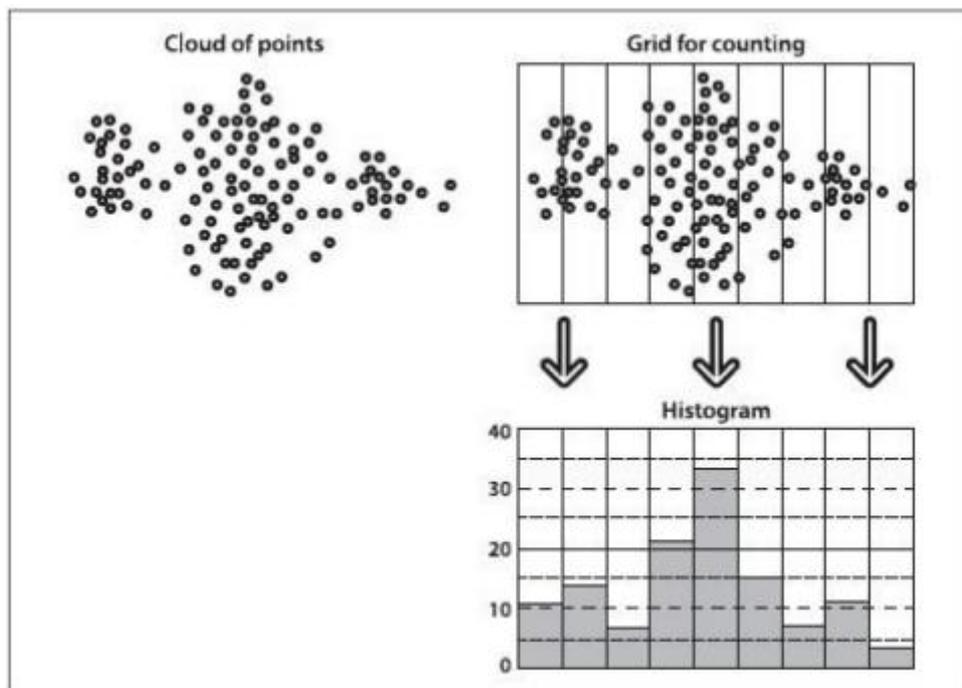


Рисунок 1.6 – Принцип построения диаграммы яркости

Для начала изображение обрабатывается с помощью определенного правила, которое задаёт условие разделение пикселей на чёрные и белые. Данная операция называется бинаризация изображения. После бинаризации подсчитывается в каждой колонке количество чёрных пикселей и на основе полученной информации строится гистограмма изображения. Принцип построения гистограммы отображён на рисунке 1.6. Пример бинаризованного автомобильного номера и его гистограммы приведён на рисунках 1.7 и 1.8.

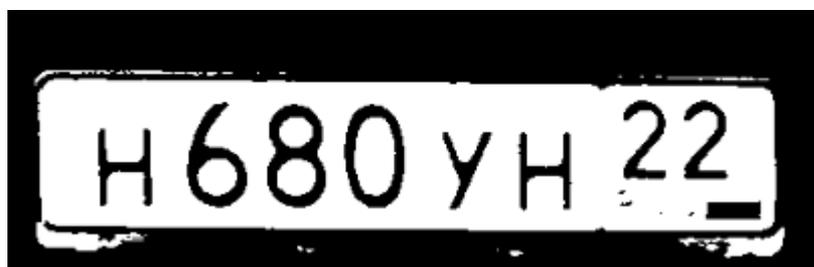


Рисунок 1.7 – Бинаризованный автомобильный номер



Рисунок 1.8 – Гистограмма яркости бинаризованного автомобильного номера

Из рисунка видно, что имеются резкие возрастания уровня гистограммы в начале и конце автомобильного номера. В алгоритме анализируются данные возрастания. На их основе строится гипотеза о нижней границе автомобильного номера.

1.4.5 Сверточные нейронные сети

Сверточная нейронная сеть – это нейронная сеть, которая имеет особую архитектуру ориентированную на обработку изображений. В сверточной нейронной сети происходит чередование двух типов слоев: сверточных слоев и слоев подвыборки. Сверточная нейронная сеть однонаправленная, имеющая множество слоев. Обучение в данном типе нейронной сети происходит стандартно, для определения ошибки обычно используется метод обратного распространения ошибки. Функция активации может быть любой.

Из-за операции свертки архитектура данной нейронной сети получила название «сверточная», суть которой заключается в поэлементном умножении части изображения на матрицу свертки, после чего происходит суммирование и запись в ту же позицию исходного изображения.

Слой свертки является основным блоком сверточной нейронной сети. Слой свертки включает фильтр для каждого канала, ядро свертки которого обрабатывает предыдущий слой по фрагментам (суммируя результаты матричного произведения для каждого фрагмента). Веса ядер свертки (малая матрица) неизвестны и устанавливаются в процессе обучения.

Особенностью сверточного слоя является относительно небольшое количество параметров, задаваемых в процессе обучения. Например, если исходное изображение имеет размерность 100×100 пикселей на трех каналах (это означает 30 000 входных нейронов), а сверточный слой использует

фильтры с ядром 3×3 пикселя с выходом 6 каналов, то в процессе обучения определяется только 9 весов ядер, но для всех комбинаций каналов, то есть $9 \times 3 \times 6 = 162$, в этом случае для этого слоя требуется найти только 162 параметра, что значительно меньше числа требуемых параметров полносвязной нейронной сети.

Слой пулинга представляет собой нелинейное уплотнение карты признаков и группы пикселей (обычно размером 2×2), уплотненных до одного пикселя, проходящего через нелинейное преобразование. Наиболее распространенной является функция максимума. Преобразования влияют на непересекающиеся прямоугольники или квадраты, каждый из которых сжимается в один пиксель, и выбирается пиксель с максимальным значением. Операция объединения может значительно уменьшить пространственный объем изображения. Объединение интерпретируется следующим образом: если на предыдущей операции свертки уже были выявлены некоторые признаки, то для дальнейшей обработки такое подробное изображение больше не требуется, и оно уплотняется до менее подробного. Кроме того фильтрация ненужных деталей позволяет не переобучаться. Слой пулинга обычно вставляется после слоя свертки перед следующим слоем свертки.

Помимо объединения с максимальной функцией можно использовать и другие функции: например, среднее значение или L2-нормализация. Однако практика показала преимущества объединения с максимальной функцией, которая входит в стандартные системы.

Чтобы уменьшить размер результирующих представлений более агрессивно, все чаще встречается идея использования меньших фильтров или полного отказа от слоев пула.

После нескольких проходов свертки изображения и печати с помощью системы объединения производится реконструкция от конкретной пиксельной сетки с самым высоким разрешением до более абстрактных карточек знаков, обычно на каждом слое увеличивается количество каналов и уменьшается размерность изображения в каждом канале. В итоге остается большой набор каналов, хранящих небольшой объем данных (даже один параметр), которые

интерпретируются как наиболее абстрактные понятия, выделенные из исходного изображения.

Эти данные объединяются и передаются на обычную полносвязную нейронную сеть, которая тоже может состоять из нескольких слоев. При этом полносвязные слои уже теряют пространственную структуру пикселей и имеют сравнительно небольшую размерность.

Сверточная нейронная сеть имеет ряд своих преимуществ и один главный недостаток.

К преимуществам можно отнести:

- Сверточная нейронная сеть имеет лучшую архитектуру для классификации и распознавания образов;

- В сравнении с полносвязной нейронной сетью, например перцептроном, необходимо настроить намного меньше весов, так как одно ядро весов используется целиком для всего изображения, вместо того, чтобы делать для каждого пикселя входного изображения свои персональные весовые коэффициенты. Это позволяет при обучении нейронной сети обобщать демонстрируемую информацию, а не попиксельному запоминать каждую показанную картинку в мириадах весовых коэффициентов, как это делает полносвязная нейронная сеть.

- Удобное распараллеливание вычислений, а следовательно, возможность реализации алгоритмов работы и обучения сети на графических процессорах.

- Относительная устойчивость к повороту и сдвигу распознаваемого изображения.

- Обучение при помощи классического метода обратного распространения ошибки.

Основным недостатком является следующее:

- Довольно много переменных параметров нейронной сети; не совсем понятно, для какой задачи и вычислительной мощности необходимы какие параметры. Отсюда следует, что к переменным параметрам можно отнести: количество слоев, размер сверточного ядра каждого слоя, количество ядер

каждого слоя, шаг сдвига ядра при обработке слоя, надобность субдискретизирующих слоев, степень уменьшения их размерности, функция уменьшения размерности, передаточная функция нейронов, наличие и параметры выходной полносвязной нейронной сети на выходе свертки. Данные эти настройки имеют большое влияние на результат, но выбираются эмпирически исследователями [21].

1.5 Библиотеки для обработки изображений

1.5.1 OpenCV

OpenCV – это библиотека программных функций, направленных в основном на компьютерное зрение в реальном времени. Первоначально разработана Intel, позже поддерживалась Willow Garage, а затем Itseez. Библиотека является кроссплатформенной и бесплатной для использования под лицензией BSD с открытым исходным кодом.

OpenCV поддерживает фреймворки глубокого обучения – TensorFlow, Torch / PyTorch и Caffe [22].

1.5.2 Tesseract

Tesseract – это оптическая система распознавания символов для различных операционных систем. Это бесплатное программное обеспечение, выпущенное под лицензией Apache, разработка была спонсирована Google с 2006 года.

В 2006 году Tesseract считалась одной из самых точных библиотек OCR с открытым исходным кодом. Библиотека Tesseract была первоначально разработана в качестве проприетарного программного обеспечения в Hewlett Packard labs в Бристоле, Англии, Грилей (Колорадо) между 1985 и 1994 годами, с некоторыми изменениями, внесенными в 1996 году в порт для Windows, и миграцией с C на C++ в 1998 году. Большая часть кода была написана на C, а затем доработка велась на C++. Разработка Tesseract спонсируется Google с 2006 года [23].

1.5.3 Caffe

Caffe – популярная среда для глубинного машинного обучения, разработанная Яньцинем Цзя в процессе подготовки и защиты своей

диссертации в Калифорнийском университете Беркли. Caffe является доступным для широкого круга пользователей, распространяемым под лицензией BSD, открытым ПО. Разработано на языке C++ с поддержкой интерфейса на языке программирования Python.

Caffe поддерживает различные типы машинного обучения, которые нацелены в основном на решение задач сегментации и классификации изображений. Caffe обеспечивает сверточные нейронные сети, долгую краткосрочную память и полносвязные нейронные сети. GPU в данном случае может быть применено для того, чтобы ускорить обучение.

Caffe оперирует многомерными массивами данных, которые иначе называется блобы. Обучение в сверточной нейронной сети реализуется как параллельные многопроцессорные вычисления блобов от слоя к слою (прямым и обратным ходом). Solver (решатель) координирует весь процесс обучения – прямой ход от исходных к выходным данным, получение функции ошибок, обратный ход (Метод обратного распространения ошибки) назад от выходного слоя с использованием градиентов ошибок. При этом Caffe реализует различные стратегии обучения для Solver'a.

В качестве входных данных используются данные из памяти, базы данных или внешних носителей. Скрытые слои, используют традиционные сверточные слои, слои пулла, полносвязные слои и слои развертывания. Также предусмотрены многие другие типы слоев, фильтров, преобразований данных и функций ошибок [24].

1.6 Заключение по аналитическому обзору

Немаловажной отличительной особенностью системы «CVS-Авто» (в отличие от других представленных на тестирование систем) является полное отсутствие специализированных настроек и регулировок параметров распознавания, влияющих на результаты распознавания, что позволяет использовать её как в светлое, так и в тёмное время суток, при различных погодных условиях [6].

Для целей поиска автомобилей, лучшей является система «Авто-Инспектор»: 94,19% правильно зарегистрированных номеров [6].

Для предварительной обработки изображений чаще всего используются: фильтр Гаусса – в основном для удаления шумов, детектор Канни – для поиска контуров объектов, детектор Хаара – для поиска объекта на изображении, гистограммы яркости – для поиска границ объектов. Множество методов и алгоритмов реализовано в библиотеке OpenCV.

Для распознавания символов чаще всего используется библиотека Tesseract, а также библиотека Caffe.

2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ ВИДИМОСТИ

На основе проведенного теоретического анализа разработан алгоритм распознавания номерных знаков в условиях слабой видимости.

Условия слабой видимости характеризуются размытостью номерного знака, большими углами наклона номерной пластины, дефектами, грязью и прочим шумом.

2.1 Общее решение задачи

Процесс решения задачи распознавания автомобильных номерных знаков в общем виде может быть представлен в последовательности шагов, показанных на рисунке 2.1.

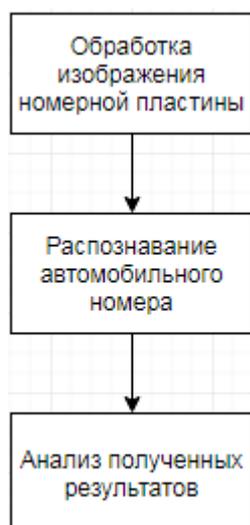


Рисунок 2.1 – Общая схема решения задачи распознавания автомобильного номерного знака

2.2 Структурная схема и описание алгоритма

Подробная структурная схема процесса представлена на рисунке 2.2.

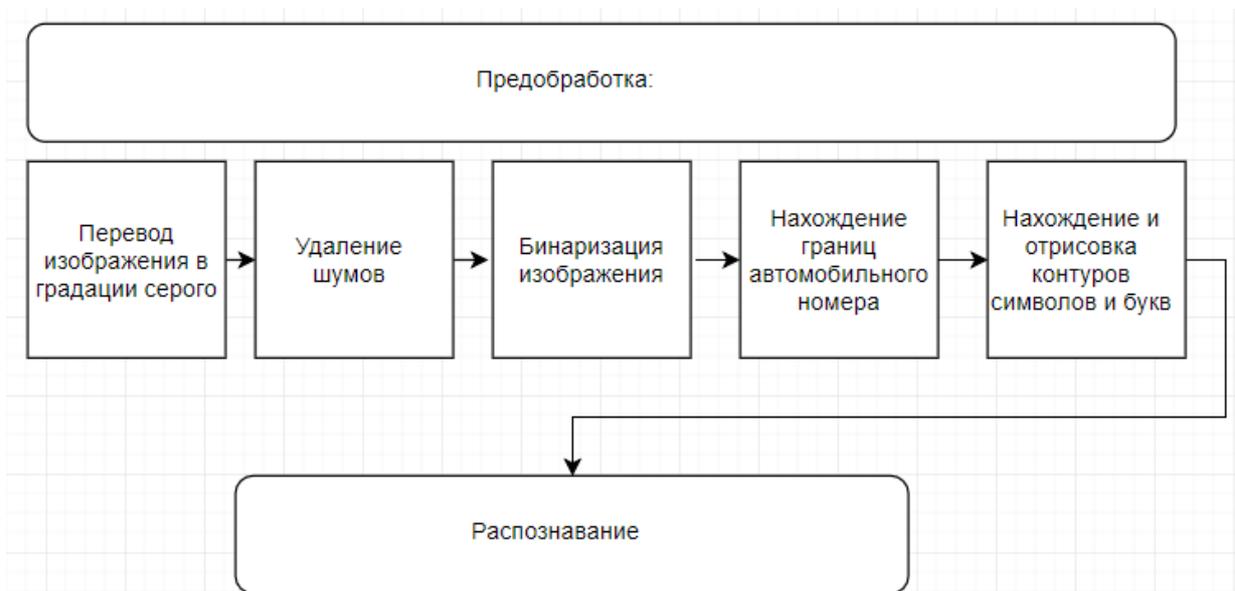


Рисунок 2.2 – Структурная схема процесса распознавания

Предлагаемый алгоритм распознавания номерных знаков представляется в виде последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Перевод изображения автомобильного номера в градации серого.

Шаг 2. Удаление шумов.

Шаг 3. Бинаризация изображения.

Шаг 4. Нахождение границ автомобильного номера.

Шаг 5. Нахождение и отрисовка контуров символов и букв.

Шаг 6. Сегментация номерной пластины

Шаг 7. Распознавание символов и букв.

2.3 Цифровая обработка номерной пластины

2.3.1 Преобразование в градации серого

Оттенки серого – цветовой режим изображений, которые отображаются в оттенках серого цвета, размещенные в таблице в качестве эталонов яркости белого цвета. Наиболее часто используются ступенчатые изображения равномерного ряда оптических плотностей нейтрально-серых полей (рисунок 2.3). Он широко используется в колористике и цветоведении, для измерения и оценки качества тональности в фотографической съемке, сканировании, а также копировании и процессах печати.



Рисунок 2.3 – Преобразование изображения в градации серого
Яркость вычисляется следующим образом (формула 2.1):

$$Y' = 0,299 \times R + 0,114 \times G + 0,587 \times B, (2.1)$$

где Y' – значение яркости, R – численное значение пикселя в красном цветовом канале, G – численное значение пикселя в зеленом цветовом канале, B – численное значение пикселя в синем цветовом канале.

2.3.2 Избавление от посторонних шумов

Для избавления от посторонних шумов на изображении используется фильтрация, которая осуществляется с применением фильтра Гаусса (рисунок 2.4). Этот фильтр хорошо справляется с шумами типа «перец и соль», а также данный фильтр позволяет убрать неровности контура что очень важно для дальнейшего контурного анализа [8].



Рисунок 2.4 – Избавление от посторонних шумов

2.3.3 Бинаризация

Далее изображение проходит процедуру бинаризации (рисунок 2.5). Бинаризация изображений – преобразование полноцветного или в градациях серого изображения в монохромное, где присутствуют только два типа пикселей (темные и светлые) имеет большое значение в распознавании образов [9]. Это особенно верно для двоичных объектов, таких как штрих-коды и текст.

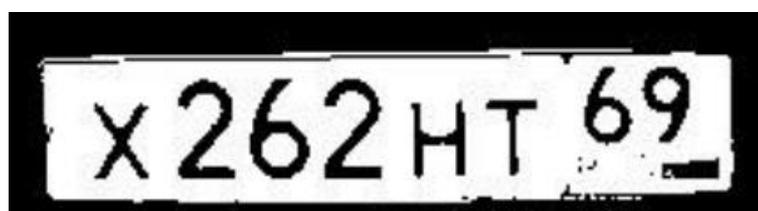


Рисунок 2.5 – Бинаризация изображения номерной пластины

2.3.4 Поиск контуров

На следующем этапе происходит поиск всех контуров, которые присутствуют на бинаризованном изображении. Для поиска контуров используется детектор границ Кэнни [10]. При экспериментах был использован фильтр Собеля и детектор границ Кэнни, который показал лучший результат, поэтому дальнейшее получение границ производится с помощью детектора Кэнни. На рисунке 2.6 отображен результат поиска всех контуров, присутствующих на изображении номерной пластины.



Рисунок 2.6 – Результат поиска контуров

Найденные замкнутые контуры выделяются красными прямоугольными областями для последующей сегментации. На рисунке 2.7 показан результат выделения замкнутых контуров прямоугольными областями.



Рисунок 2.7 – Результат выделения замкнутых контуров

2.3.5 Исключение неинформативных областей

Не все выделенные области представляют интерес для задачи распознавания номерной пластины. Используя отношение длины к ширине цифробуквенных символов, исключаются области, не являющиеся цифробуквенными символами. На рисунке 2.8 показан результат выделения целевых областей, подлежащих распознаванию.



Рисунок 2.8 – Результат выделения целевых областей для распознавания

2.3.6 Сегментация номерной пластины

Полученные координаты прямоугольных областей обозначенные зелёным цветом позволяют сегментировать номерную пластину, вырезав каждый сегмент для последующего распознавания [11]. На рисунке 2.9 показан результат извлечения сегментов из изображения номерной пластины.

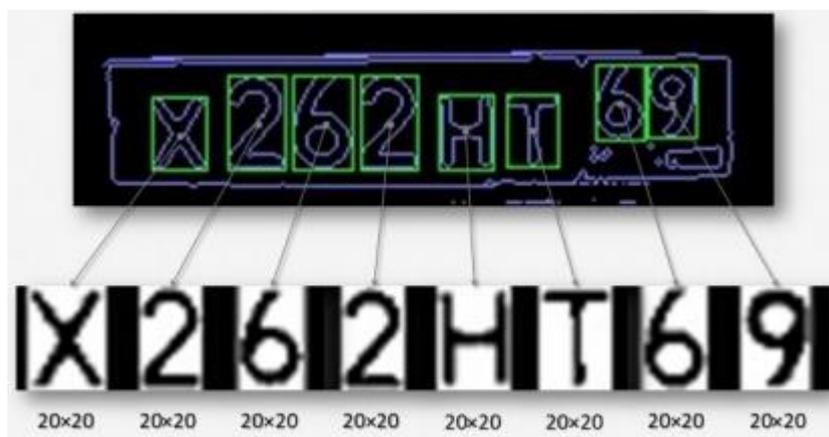


Рисунок 2.9 – Результат извлечения сегментов

Каждый извлечённый сегмент приводится к размеру 20×20 пикселей и сохраняется во временную папку для дальнейшего распознавания. Сегменты нумеруются слева направо от 1 до 8 (или 9, в случае, когда код региона трехзначный).

2.4 Разработка алгоритма для сравнения

Для сравнения был разработан алгоритм, который основан на шагах, указанных в разделе 2.2.

2.4.1 Поиск области автомобильного номера

Для начала необходимо поставить задачу. Например, на изображении с автомобилем необходимо выделить номерную рамку (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Выделенная номерная рамка

Классификатор формируется на примитивах Хаара путём расчёта значений признаков. Для обучения на вход классификатора сначала подаётся набор «правильных» изображений с предварительно выделенной областью автомобильного номера, дальше происходит перебор примитивов и расчёт значения признака. Вычисленные значения сохраняются в файле в формате xml.

Утилита для обучения каскада Хаара встроена в пакет OpenCV.

Для обучения собирается коллекция файлов, которые в дальнейшем понадобятся:

- Реальные фотографии объекта. Чем более похожа выборка будет на то, что будет распознаваться, тем лучше будут результаты. Если обучать распознаватель лица по фотографиям людей из студии, то на улице уровень распознавания будет ниже, чем в студии. На это влияют как тени, одежда, так и выражение лица.

- Выборка отрицательных фотографий, на которых нет объекта распознавания. Фотографии должны быть сделаны в той же среде где будет распознавание. Если выборка контрпримеров будет сделана по фотографиям на северном полюсе, а распознавание будет происходить по изображениям сделанным в тропических джунглях, то ничего не заработает.

Для стабильно работающего детектора лиц это 3000-4000 положительных примеров и столько же отрицательных. Из 500 положительных и 500 отрицательных возможно сделать стабильный детектор номеров. Для данного детектора подобрано 500 положительных и 500 негативных фотографий. Чем больше и разнообразнее выборка, тем стабильнее работает и тем дольше обучается.

Для начала необходимо сформировать папку с положительными и отрицательными фотографиями. Для данной цели использовано программное обеспечение *Picture Cropper*. Работа с данным программным обеспечением: мышкой выделяется область которая должна быть сохранена. При нажатии на клавишу «s» происходит сохранение. При нажатии на клавишу «r» – сохранение и переход к следующему изображению. При нажатии на пробел – просто переход к следующему изображению.

Для обучения необходимо иметь 2 папки с примерами. «Good» – папка с соответствующими изображениями, «Bad» – с несоответствующими. Стоит учесть, что OpenCV отказывается работать с точками, пробелами и специальными символами, поэтому не советуется использовать данные символы в названиях примеров.

Для каждой папки с примерами необходимо иметь файл описания, в котором описаны используемые изображения. Стандартно их называют «Good.dat» и «Bad.dat».

Файлы должны лежать на одном уровне с папками.

Пример иерархии (рисунок 2.11):

```
\Good
  \1. bmp
  \2. bmp
  \... bmp
  \N. bmp
\Bad
  \1. bmp
  \2. bmp
  \... bmp
  \N. bmp
Good.dat
Bad.dat
```

Рисунок 2.11 – Пример иерархии

Файлы описания для соответствующих и несоответствующих объектов имеют разную структуру (рисунок 2.12). Для файла несоответствующих примеров это просто список относительных путей к изображениям:

```
Bad\1. bmp  
Bad\2. bmp  
Bad\... bmp  
Bad\N. bmp
```

Рисунок 2.12 – Структура несоответствующих объектов

Для файлов с соответствующими примерами запись немного сложнее. Кроме пути должно быть указано положение рассматриваемого объекта и его размер (рисунок 2.13).

```
Good \0.bmp 1 0 0 414 148  
Good \1.bmp 1 0 0 568 164  
Good \... bmp 1 0 0 440 144  
Good \N.bmp 1 0 0 590 182
```

Рисунок 2.13 – Структура соответствующих объектов

«Good \0.bmp» – адрес объекта относительно файла описания. «1» – количество положительных объектов на изображении. «0 0 414 148» – координаты прямоугольника на изображении в котором находится объект. Если объектов несколько, то запись приобретает вид: «Good \0.bmp 2 100 200 50 50 300 300 25 25». Удобнее всего, когда каждый объект представляет собой отдельный кадр, при этом координаты объекта равны размеру кадра.

Для обработки изображений необходимо запустить *Picture Cropper* и выбрать папку с соответствующими изображениями.

После завершения работы с программным обеспечением *Picture Cropper* должен появиться Good.dat и в папке Good папка Cropper, в которой хранятся обрезанные изображения.

На этом работа с файлами описания закончена, далее происходит обучение.

Для начала обучения необходимо открыть командную строку и перейти в директорию с файлом описания Good.dat:

Для создания набора приведённых соответствующих изображений запустим `opencv_createsamples` через консоль (рисунок 2.14):

```
opencv_createsamples.exe -info Good.dat -vec samples.vec -w 180 -h 40
```

Рисунок 2.14 – Создание набора соответствующих изображений

Good.dat – файл описания соответствующих изображений. Указывается либо полный адрес, либо относительно программы `opencv_createsamples.exe`. «-vec samples.vec» – файл, в который будет сохранена приведённая к общему формату база соответствующих изображений. Адрес должен быть указан относительно программы `opencv_createsamples.exe` (допустим полный путь в системе).

«-w 180 -h 40» – размер шаблона. Должен приблизительно отражать пропорции искомого объекта. Например, для лиц или для символа автомобильного номера наиболее подходящая пропорция высоты к ширине 1 к 3. Для номеров это приблизительно 4 к 1. Размер шаблона должен быть достаточно маленьким. Идеально ставить его таким, чтобы человек сам мог отличить изображённый объект, но не больше того. Чем больше шаблон, тем дольше обучение. Результатом работы программы является файл `samples.vec`, в котором будут лежать все соответствующие изображения в формате, близком к `bmp` и с размером `w*h`.

Если всё прошло успешно должен появиться файл `samples.vec`.

Для подсчёта итогового каскада используется программа «`opencv_traincascade.exe`», лежащая в той же папке, что и `opencv_createsamples.exe`. Обучение каскада на 500-1000 объектов займёт почти целый день. Пример обучался около 24 часов. При вызове (рисунок 2.15):

```
w:\learn>opencv_traincascade.exe -data haarcascade -vec samples.vec -bg Bad.dat -numStages 16  
-minHitrate 0.990 -maxFalseAlarmRate 0.5 -numPos 400 -numNeg 500 -w 180 -h 40 -mode ALL -pre  
calcValBufSize 256 -precalcIdxBufSize 256
```

Рисунок 2.15 – Обучение каскада

«-data haarcascade» – адрес папки, куда класть полученные результаты. Отсчитывается от корневой папки программы. Необходимо создать заранее.

«-vec samples.vec» – адрес посчитанного в прошлом пункте файла с соответствующими примерами.

«-bg Bad.dat» – адрес файла-описания несоответствующих примеров.

«-numStages 16» – количество уровней каскада, которые программа будет обучать. Чем больше уровней, тем точнее, но тем дольше. Нормальное их количество от 16 до 25.

«-minhitrate 0.999» – коэффициент, определяющий качество обучения. По сути, это процент «правильных» обнаружений. Если установлено .999, то есть по исходной выборке будет не более, чем $1 - 0.999 = 0.1\%$ пропусков целей. Чем выше коэффициент, тем выше уровень ложных тревог. Если выборка хорошая, можно ставить 0.99-0.999. Если плохая (объектов мало, они смешиваются с фоном), то следует опускать.

«-maxFalseAlarmRate 0.4» – уровень ложной тревоги.

«-numPos 400» – количество соответствующих примеров. Чем ниже коэффициент «minhitrate», тем больше файлов будет считаться непригодными. В большинстве случаев достаточно поставить numPos 80% от имеющихся соответствующих файлов.

«-numNeg 500» – количество имеющихся несоответствующих примеров.

«-w 180 -h 40» – размер примитива из предыдущего пункта.

«-mode ALL» – использовать или нет полный комплект Хаар-признаков. От этого зависит скорость работы и точность алгоритма.

«-precalcValBufSize 256 -precalcIdxBufSize 256» – выделяемая под процесс память.

После того, как алгоритм закончит работу, появится папка haarcascade и файл cascade.xml в этой папке, это и будет созданный каскад [15].

2.4.2 Алгоритм нормализации угла наклона и масштаба

После того как найден автомобильный номер, необходимо подготовить его к распознаванию, для этого производится нормализация угла наклона и масштаба автомобильного номера.

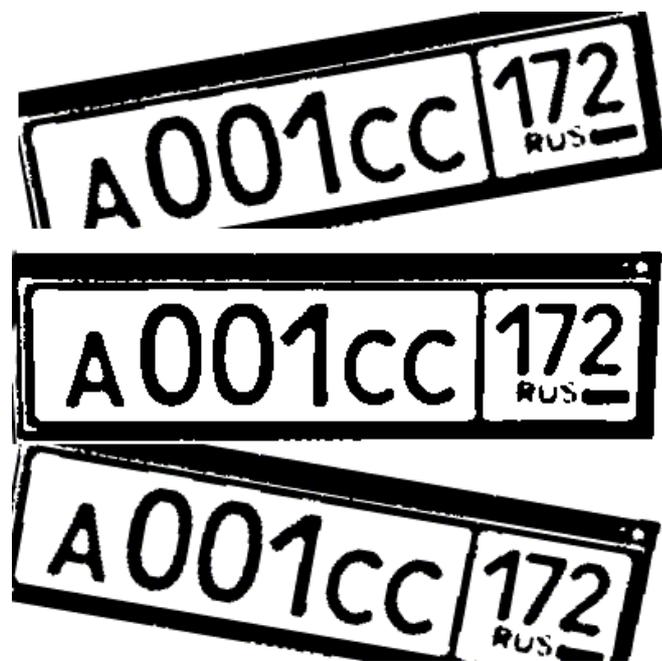


Рисунок 2.16 – Максимальные углы

Предположим, что номер может иметь диапазон поворота от -10° до $+10^\circ$. При этом будет происходить обработка каждый раз нового кадра с шагом в 0.1° . Обработка каждого кадра происходит независимо от предыдущих. Какая гипотеза по повороту даст лучший результат, та и победит. Максимальные углы наклона приведены на рисунке 2.16. Для каждого кадра рассчитывается нижняя граница изображения. После работы алгоритма выигрывает угол, для которого была рассчитана самая верхняя граница. Это и будет искомый угол.

Масштаб изображения (по аналогии с поворотом) имеет диапазон от 1 до 3 с шагом 0.1.

2.4.3 Алгоритм поиска нижней границы автомобильного номера

После того как найден угол наклона автомобильного номера, необходимо найти его границы. Поиск нижней границы автомобильного номера строится на анализе гистограммы яркости [17].

2.4.4 Алгоритм поиска верхней границы автомобильного номера

Во время тестов опытным путём установлено, что гипотеза с использованием гистограммы яркости для поиска верхней границы, автомобильных номеров работает в 50% случаев, что неприемлемо для разрабатываемой системы. В связи с этим было решено обучить каскад Хаара на каждую букву и проанализировать верхние границы букв, тем самым возможно будет получить верхнюю границу автомобильного номера.

В некоторых случаях, алгоритм с использованием каскада Хаара может не дать результата, это характерно для изображений с очень низким разрешением. Для таких изображений применяется, как альтернативный алгоритм, поиск границы с использованием гистограммы яркости.

2.4.5 Алгоритм поиска боковых границ автомобильного номера

На данном этапе уже обрезан автомобильный номер по верхней и нижней границе, остаётся определить боковые границы автомобильного номера. В данном случае, применяется метод построения гистограммы яркости, но появляется проблема: цвет автомобиля. Если автомобиль белого цвета (светлых тонов), то после бинаризации изображение по краям будет иметь белый цвет, а если автомобиль чёрного цвета (темных тонов), то края будут чёрные, а сам номер белым. Отсюда следует вывод, что следует использовать две гипотезы на каждую сторону, одна для поиска границы на белой (светлой) машине и вторая для поиска на чёрной (темной) машине. Выигрывает та гипотеза результатом исследования, которой является результат ближайший к центру автомобильного номера.

2.4.6 Использование сверточной нейронной сети в задаче распознавания символов

Если в алгоритмах машинного обучения необходимо было формировать хороший вектор признаков, чтобы получить приемлемое качество, то в сверточных нейросетях этого делать не нужно. Главное – спроектировать хорошую архитектуру сети.

Введены следующие обозначения:

- input – входной слой, обычно это пиксели изображения,
- conv – слой свертки,
- pool – слой подвыборки,
- fully-conn – полносвязный слой,
- output – выходной слой, выдает предполагаемый класс изображения.

Для задачи классификации изображений основной является следующая архитектура НС (рисунок 2.17):

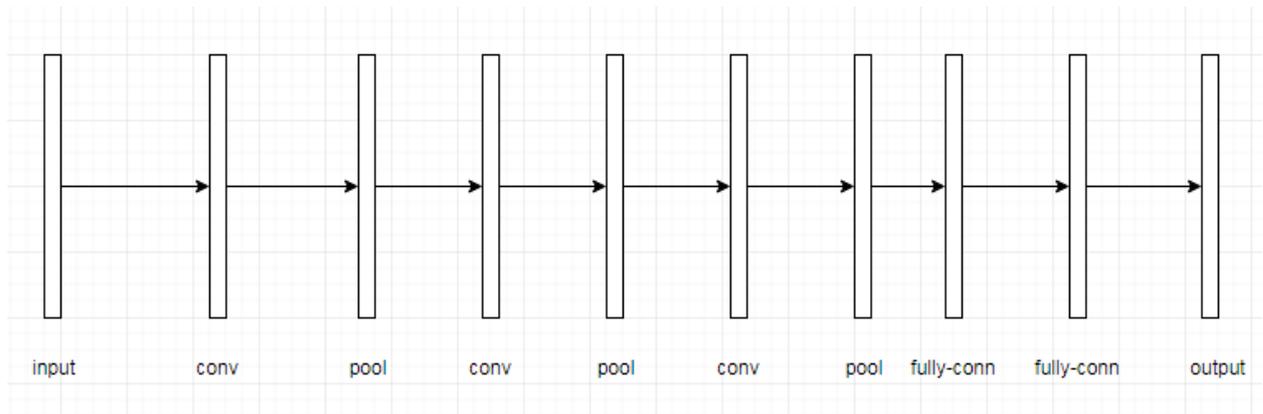


Рисунок 2.17 – Архитектура нейронной сети

Количество (conv -> pool) слоев может быть разным, но обычно не меньше двух. Количество fully-conn не меньше одного.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБОЙ ВИДИМОСТИ

3.1 Описание используемых технологий

Было решено разработать два настольных программных обеспечения для реализации алгоритма распознавания номерных знаков в условиях слабой видимости, а также его доработанную версию для сравнения и оценить полученные результаты.

Первое программное обеспечение, реализующее алгоритм разработано на языке программирования C++ с использованием библиотек OpenCV и Tesseract. Для предобработки изображения используется библиотека OpenCV, а для распознавания символов – Tesseract.

Второе программное обеспечение, реализующее доработанную версию алгоритма, разработано на языке программирования C++ с использованием библиотек OpenCV и Caffe. Для предобработки изображения используется библиотека OpenCV, а для распознавания – Caffe.

3.2 Программное обеспечение, реализующее алгоритм распознавания номерных знаков в условиях слабой видимости

3.2.1 Архитектура программного обеспечения

Процесс проектирования архитектуры программного обеспечения состоит в проектировании структуры всех его компонент, функционально связанных с решаемой задачей, включая сопряжения между ними и требования к ним.

Архитектура программного обеспечения в традиционном смысле включает определение всех модулей программ, их иерархии и сопряжения между ними и данными (рисунок 3.1).

Если разрабатывается отдельная программа, исходными данными для этого процесса будут детальные внешние спецификации.

Если разрабатывается система программного изделия, исходными данными для этого процесса будут детальные внешние спецификации и функциональная архитектура системы.

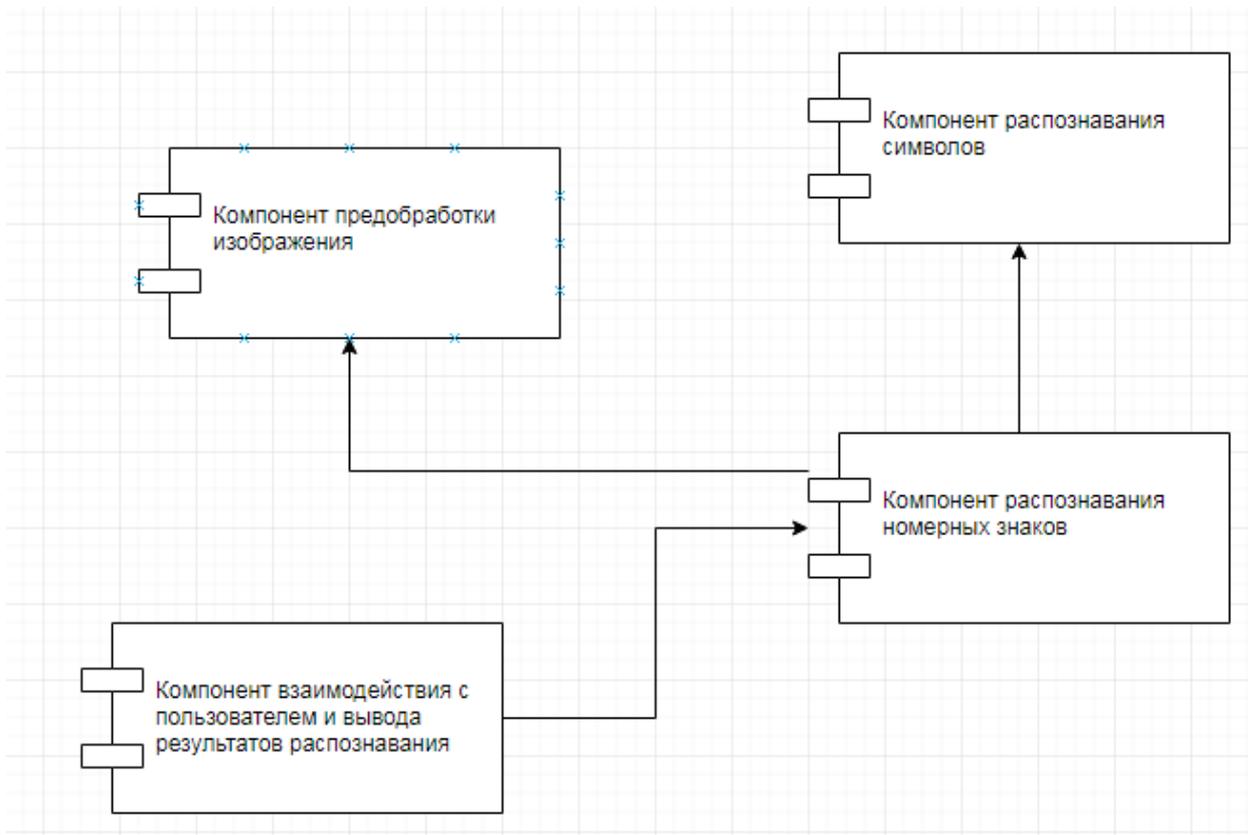


Рисунок 3.1 – Диаграмма компонентов программного обеспечения

Разрабатываемое программное обеспечение содержит четыре компонента – компонент взаимодействия с пользователем и вывода результатов распознавания, компонент распознавания номерных знаков, компонент предобработки изображения, компонент распознавания символов.

Компонент взаимодействия с пользователем и вывода результатов распознавания позволяет пользователю при запуске программного обеспечения выбрать изображение номерной пластины, в котором необходимо распознать автомобильный номер и после обработки вывести результат распознавания.

Компонент распознавания номерных знаков позволяет распознать автомобильный номер на изображении, путь которого пользователь указал при запуске приложения.

Компонент предобработки изображения переводит изображение в градации серого, удаляет шумы, производит бинаризацию и другие операции для предварительной обработки.

Компонент распознавания символов позволяет распознать символы номерного знака полученные путем сегментирования.

3.2.2 Микроархитектура программного обеспечения

Важным этапом проектирования программного обеспечения является проектирование его микроархитектуры. На рисунке 3.2 изображена диаграмма классов разрабатываемого программного обеспечения.

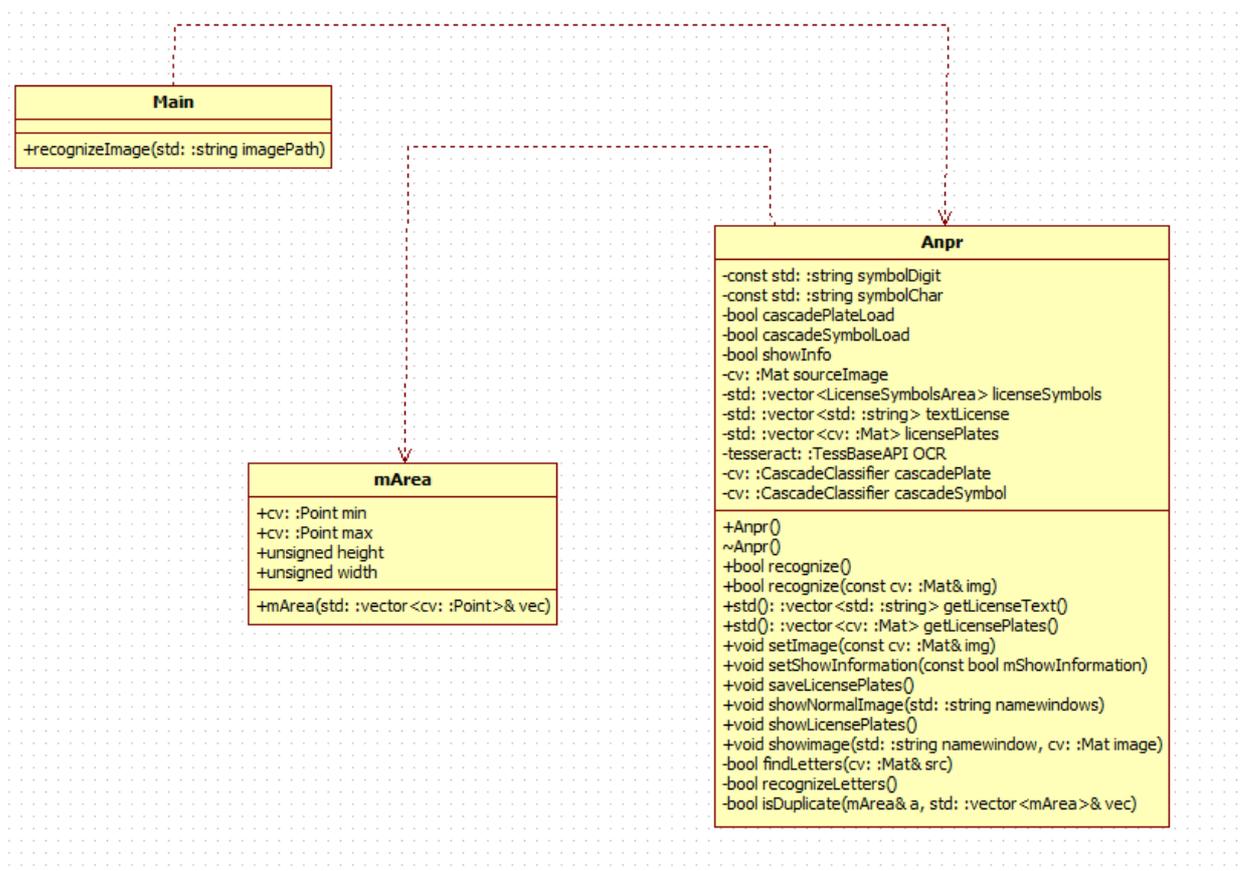


Рисунок 3.2 – Диаграмма классов программного обеспечения

В таблице 3.1, приведенной ниже, описан каждый класс, изображенный на диаграмме классов программного обеспечения.

Таблица 3.1 – Описание классов

Класс	Описание данного класса
Main	Данный класс содержит метод для цепочки вызовов методов предобработки и распознавания номерных знаков
mArea	Данный класс необходим для выделения контуров символов на номерном знаке

Anpr	Данный класс необходим для предобработки изображения и дальнейшего распознавания символов номерного знака
------	---

3.2.3 Распознавание символов

В данном случае для распознавания символов используется библиотека Tesseract. Для распознавания необходимо скачать .traineddata файл для распознавания символов. При создании переменной для распознавания символов необходимо произвести инициализацию, в которой нужно указать «белый список» символов, которые будут распознаны. Указываются цифры от 0 до 9, а также буквы, общие для кириллицы и латиницы.

На вход подается изображение символа, которое получено путем сегментации номерной пластины, на выходе получается распознанный символ. В конечном итоге формируется строка из всех распознанных символов, это и является результатом распознавания автомобильного номера.

3.2.4 Результаты работы программного обеспечения

При запуске консольного программного обеспечения необходимо указать путь до картинки и нажать на клавишу «Enter», после чего будет запущена обработка и распознавание изображения. В данном программном обеспечении на вход подается изображение номерной пластины (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Изображение номерной пластины для распознавания

```
Укажите пожалуйста файл с изображением номерной пластины!
/img/number1.bmp
Пожалуйста подождите...
Результат распознавания автомобильного номера: E108MB70
Время, затраченное на распознавание автомобильного номера - 87 мс.
```

Рисунок 3.4 – Результат распознавания автомобильного номера

После выполнения всех операций над изображением будет показан результат распознавания (рисунок 3.4).

Для выявления точности распознавания было подано на вход программному обеспечению 1000 изображений. Процент точности составил 83 процента. Среднее время, затраченное на распознавание автомобильного номера - 93 мс. Сравнение точности программного обеспечения представлено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Сравнение точности программного обеспечения

Наименование системы	Точность распознавания (Т), %
Авто-Инспектор	94,19
Auto Trassir	83,07
CVS Авто	82,09
MegaCar	81,06
Overseer Traffic	79,89
АвтоУраган 3.3.2	89,69
АвтоУраган 3.4	90,45
ИнтеграВидеоАвто	81,77
Поток	86,38
ТелеВизардАвто	51,33
Autonumber plate recognizer (Tesseract)	83

3.2.5 Вывод

В результате разработано программное обеспечение для распознавания номерных знаков, которое распознает автомобильные номерные знаки с точностью 83%. В среднем распознавание происходит за 93 мс.

3.3 Программное обеспечение реализующее доработанный алгоритм

3.3.1 Архитектура программного обеспечения

Архитектура программного обеспечения сохранилась прежняя (рисунок 3.5).

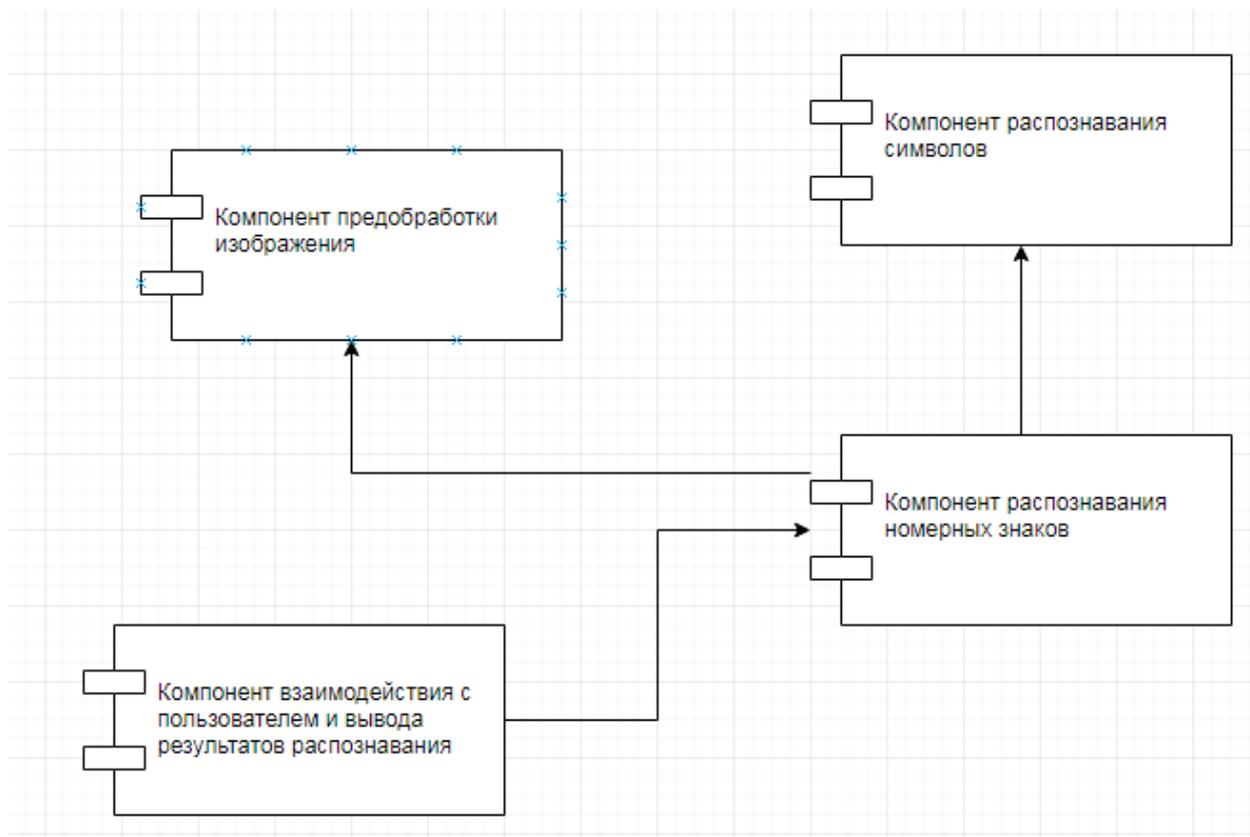


Рисунок 3.5 – Диаграмма компонентов программного обеспечения

3.3.2 Микроархитектура программного обеспечения

На рисунке 3.6 изображена диаграмма классов разрабатываемого программного обеспечения. Добавлены новые методы для предобработки изображения: поиск номерной пластины на изображении автомобиля, поиск границ автомобильного номера, трансформация автомобильного номера, а именно – изменение масштаба и повороты. Изменение масштаба бывает полезно, когда изображение номерной пластины достаточно маленькое, чтобы его можно было обработать. Поиск нужного масштаба ведется до тех пор, пока номерная пластина не будет иметь размер, приближенный к 180 пикселям по ширине и 40 пикселям по высоте.

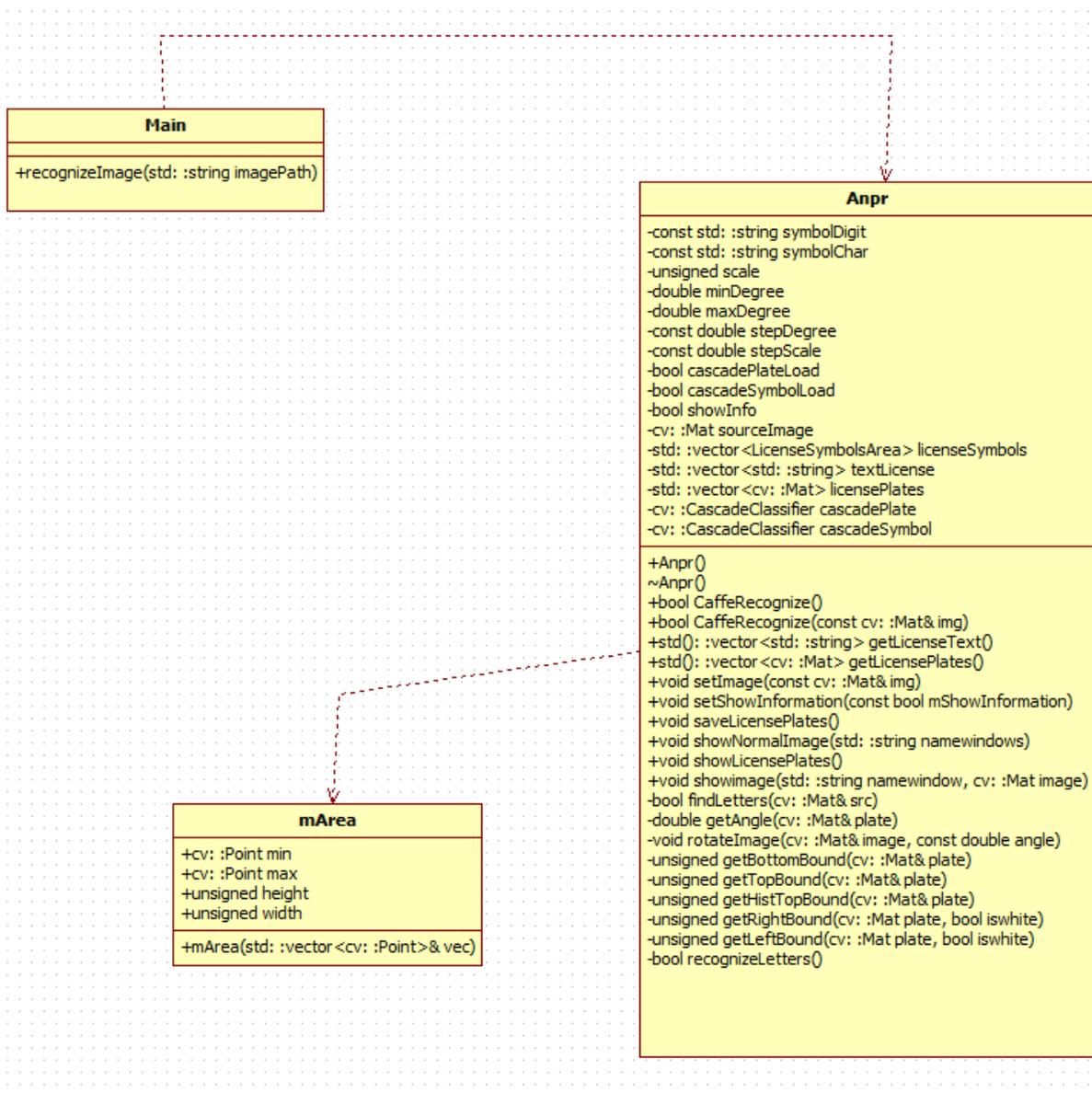


Рисунок 3.6 – Диаграмма классов программного обеспечения

В таблице 3.3, приведенной ниже, описан каждый класс, изображенный на диаграмме классов программного обеспечения.

Таблица 3.3 – Описание классов

Класс	Описание данного класса
Main	Данный класс содержит метод для цепочки вызовов методов предобработки и распознавания номерных знаков
mArea	Данный класс необходим для выделения контуров символов на номерном знаке
Anpr	Данный класс необходим для предобработки изображения и дальнейшего распознавания символов номерного знака

3.3.3 Распознавание символов

Для работы с глубокими нейросетями существует много разных библиотек и фреймворков. Основными критериями в выборе были:

- Много информации по библиотеке;
- Легкость освоения;
- Легкость разворачивания;
- Высокая точность распознавания.

Было просмотрено множество различных библиотек и выбрана библиотека Caffe, так как она максимально соответствует критериям.

Большим плюсом Caffe является то, чтобы начать работать не обязателен язык программирования. Для настройки в Caffe используются конфигурационные файлы.

Архитектура сверточной нейронной сети, указанной в главе 3.7.2 реализована с помощью «Protobuf» файлов, которые необходимы для конфигурирования Caffe.

В первых двух слоях, которые используются в обучающей и тестовой фазе указан тип «IMAGE_DATA», который указывает, что на вход подаются изображения. Список файлов изображений прописывается в файле текстового формата. Первая колонка в файле – это путь к изображению, вторая колонка – класс распознаваемого изображения. В конфигурационном файле путь указывается в атрибуте image-data-param.

Caffe использует градиентный спуск. Слой «Input layer» имеет параметр batch-size. Одна итерация нейронной сети принимает на вход batch-size элементов.

Третьим является слой свертки с type: CONVOLUTION. Далее идет указание функции активации с type: RELU. Четвертым слоем является слой подвыборки с type: POOL. Далее 2 раза идет повторение conv, pool слоев, но с другими параметрами. Подбор параметров для этих слоев является эмпирическим.

Полносвязный слой имеет type: INNER_PRODUCT. Выходной слой соединяется со слоем функцией потерь (type: SOFTMAX_LOSS) и слоем точности (type: ACCURACY). Слой точности срабатывает только в тестовой фазе и показывает процент верно классифицированных изображений в валидационной выборке.

Большое значение уделяется атрибуту weight-filter, в случае если он будет иметь большое значение, то имеется вероятность, что функция потерь будет возвращать значение NaN на начальных итерациях. В данном случае производится уменьшение параметра std у атрибута weight-filter.

Для получения хорошо обученной нейронной сети нужно задать параметры обучения. В Caffe параметры обучения устанавливаются через конфигурационный protobuf файл. В Caffe можно приостанавливать и возобновлять обучение.

Чтобы запустить обучение НС, нужно выполнить команду caffe train с указанием конфигурационного файла, где заданы параметры обучения (рисунок 3.7):

```
caffe train --solver=/neural_network/config.prototxt
```

Рисунок 3.7 – Обучение сверточной нейронной сети

После обучения, которое происходило около 12 часов получена точность распознавания символов 91%.

Далее была разработана функция, которая позволяет передавать сегментированный символ для распознавания сверточной нейронной сети.

3.3.4 Результаты работы программного обеспечения

При запуске консольного программного обеспечения необходимо указать путь до картинки и нажать на клавишу «Enter», после чего будет запущена обработка и распознавание изображения. В данном программном обеспечении на вход подается изображение, содержащее автомобиль (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Изображение для распознавания

```

Укажите пожалуйста файл с изображением автомобиля!
/img/dFsegSEeGs.bmp
Пожалуйста подождите...
Найдена номерная пластина
Результат распознавания автомобильного номера: C520UH35
Время, затраченное на распознавание автомобильного номера - 34 мс.
  
```

Рисунок 3.9 – Результат распознавания автомобильного номера

После выполнения всех операций над изображением будет показан результат распознавания (рисунок 3.9).

Для выявления точности распознавания было подано на вход программному обеспечению 1000 изображений. Процент точности составил 92 процента. Среднее время, затраченное на распознавание автомобильного номера - 22 мс. Сравнения точности программного обеспечения представлено в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сравнение точности программного обеспечения

Наименование системы	Точность распознавания (Т), %
Авто-Инспектор	94,19
Auto Trassir	83,07
CVS Авто	82,09

MegaCar	81,06
Overseer Traffic	79,89
АвтоУраган 3.3.2	89,69
АвтоУраган 3.4	90,45
ИнтеграВидеоАвто	81,77
Поток	86,38
ТелеВизардАвто	51,33
Autonumber plate recognitor	83
Autonumber plate recognitor (Caffe)	92

3.3.5 Вывод

В результате разработано программное обеспечение для распознавания номерных знаков, которое распознает автомобильные номерные знаки с точностью 92%. В среднем распознавание происходит за 22 мс. Разработанное программное обеспечение с доработанным алгоритмом показало результат почти в 5 раз лучше, чем с начальным алгоритмом.

В некоторых источниках [25] указано, что с помощью Caffe можно получить точность около 96%, для этого необходимо увеличить количество эпох до 1000+ (в данном случае обучение проводилось 250 эпох), увеличить датасет для обучения нейронной сети, а также поработать с параметрами обучения.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевым рынком данной разработки являются организации, которым необходимо распознать автомобильные номера.

В первую очередь целевыми являются контрольно-пропускные пункты, которые могут использовать данную разработку с целью пропуска автомобилей. Также данная разработка может быть использована для охранных систем жилых зон, парковок и оказывать помощь в розыске авто.

Карта сегментирования рынка приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

Факторы	Сегменты рынка по группам потребителей						
	КПП	Розыск авто	Парковки	Охрана жилых зон	Охрана коттеджных поселков	Разработки	
						MegaCar	Поток
Технические характеристики	1	2	3	3	3	3	2
Цена	3	2	3	3	0	1	2
Надежность	3	3	3	2	2	2	2
Удобство в использовании	3	1	2	1	3	1	3
Совместимость с оборудованием	3	2	2	3	3	2	1
Гибкость	1	2	2	2	3	3	1
Документация	3	2	1	2	2	1	2

Карта сегментирования рынка показывает, какие ниши не заняты конкурентами и где уровень конкуренции низок. Оценка степени значимости факторов разработки осуществляется по четырёхпольной шкале – от 0 до 3. Нулевой уровень означает, что фактор не имеет значения для данного сегмента потребителей. Максимальное значение равно 3, оно показывает, что данный фактор имеет особое значение для сегмента. Например, цена со значением 3

свидетельствует о том, что этот фактор наиболее значим и потребитель заинтересован в минимально возможной цене.

Из карты сегментирования рынка представленной в таблице 11 можно определить соответствие существующих разработок и требования потребителей, приобретающих данный продукт. Например «Поток» почти соответствует требованиям потребителей, приобретающих данный продукт для использования на парковках, а «MegaCar» больше подходит для контрольно-пропускных пунктов. Соответствия выявленные при составлении карты сегментирования рынка показывают, что существующие разработки нуждаются в доработке.

Представленная разработка будет востребованной при повышении уровня надежности, совместимости с оборудованием и программного обеспечения. Предполагается, что разработанный продукт будет иметь низкую цену, вследствие чего он станет доступным таким потребителям, как парковки, жилые зоны и коттеджные поселки.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В качестве конкурентов целесообразно рассмотреть «MegaCar», «Поток». Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оценочная карта сравнения конкурентных систем

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,12	5	5	4	0,6	0,48	0,48
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,12	5	5	3	0,6	0,6	0,48
3. Надежность	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
4. Безопасность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5. Потребность в ресурсах памяти	0,12	4	3	3	0,48	0,48	0,36
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,11	4	3	4	0,44	0,44	0,33
7. Простота эксплуатации	0,08	5	5	3	0,4	0,24	0,32
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,32

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,3
2. Уровень проникновения	0,04	3	4	3	0,12	0,16	0,12
3. Цена	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Срок выхода на рынок	0,01	4	5	4	0,04	0,05	0,04
Итого	1				4,6	4,26	3,95

Из проведенного сравнения следует, что уязвимость конкурентных технических решений связана, прежде всего, с удобством в эксплуатации и уровнем проникновения на рынок.

4.1.3 QuaD-анализ

Для описания качества новой разработки и ее перспективности на рынке использована технология QuaD [26]. Оценка разработки, с учетом ее технических и экономических особенностей, создания и коммерциализации, представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – QuaD-анализ

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,12	95	100	0,95	0,114
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,12	90	100	0,9	0,108
3. Надежность	0,12	90	100	0,9	0,108
4. Безопасность	0,08	95	100	0,95	0,076
5. Потребность в ресурсах памяти	0,12	85	100	0,85	0,102
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,11	85	100	0,85	0,0935
7. Простота эксплуатации	0,08	90	100	0,9	0,072
8. Качество интеллектуального интерфейса	0,08	80	100	0,8	0,064
9.	0,06	95	100	0,95	0,057

Конкурентоспособность					
10. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	0,028
11. Цена	0,01	100	100	1	0,01
12. Послепродажное обслуживание	0,05	100	100	1	0,05
13. Срок выхода на рынок	0,01	85	100	0,85	0,0085
Итого	1				89,1%

В результате проведенного анализа, выявлена, что перспективность разработки равна 89,1%. Поскольку значение показателя входит в промежуток от 80 до 100, данная разработка является перспективной.

4.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта для выявления его сильных и слабых сторон. Анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней и внутренней среде [27]. В результате составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приведена в таблице 4.4:

Таблица 4.4 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Высокая точность распознавания символов</p> <p>С2. Наличие дополнительного функционала, облегчающего работу пользователей</p> <p>С3. Открытый исходный код</p> <p>С4. Высокая скорость обработки</p> <p>С5. Широкая область применения</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Необходимость обучения искусственной нейронной сети</p> <p>Сл2. Высокая потребность ресурсов памяти</p> <p>Сл3. Отсутствие кроссплатформенности</p> <p>Сл4. Сильная зависимость от оборудования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Добавление новых функциональных возможностей с учетом пожеланий заказчика</p> <p>В2. Реализация новых способов взаимодействия с</p>	<p>Направления развития:</p> <p>1. В1С3С5 – Открытый исходный код и широкая область применения позволят добавить новые функциональные возможности.</p>	<p>Сдерживающие факторы:</p> <p>1. В1Сл2 Сл4 – добавление новых функциональных возможностей может быть невозможным из-за отсутствия ресурсов памяти и сильной зависимости от</p>

<p>другими модулями системы В3. Заказ подобной разработки другими заказчиками В4. Улучшение интерфейса</p>	<p>2. В2С2С3С5 – наличие дополнительного функционала, открытого кода и широкой области применения позволит реализовать новые способы взаимодействия с другими модулями системы. 3. В3С1С2С3С4С5 – сильные стороны проекта позволят привлечь потенциальных заказчиков. 4. В4С2С5 - наличие дополнительного функционала и широкая область применения позволят улучшить интерфейс.</p>	<p>оборудования. 2. В2Сл2Сл3Сл4 - высокая потребность ресурсов памяти, отсутствие кроссплатформенности и сильной зависимости от оборудования могут воспрепятствовать реализации новых способов взаимодействия с другими модулями системы. 3. В3Сл1Сл2Сл3Сл4 – слабые стороны проекта могут воспрепятствовать появлению потенциальных заказчиков.</p>
<p>Угрозы: У1. Появление на рынке конкурентоспособных аналогов разработки У2. Несвоевременное финансирование У3. Неверное выполнение инструкций пользователем У4. Потеря актуальности</p>	<p>1. У1У4С1С2С4С5 - высокая точность распознавания символов, наличие дополнительного функционала, высокая скорость обработки и широкая область применения позволят избежать появления конкурентоспособных аналогов и потерю актуальности разработки</p>	<p>1. У1У4 Сл1Сл2Сл3Сл4 – слабые стороны проекта могут привести к появлению конкурентоспособных аналогов разработки и потери актуальности.</p>

На основе результатов итоговой матрицы можно сделать вывод, что основными недостатками данной разработки является отсутствие кроссплатформенности и сильная зависимость от оборудования. Наличие кроссплатформенности обеспечит продукту актуальность и конкурентоспособность на рынке. Так же уменьшение зависимости разработки от оборудования позволит реализовать новые способы взаимодействия с другими модулями системы.

4.1.5 Диаграмма Исикавы

Основной проблемой в задачах распознавания автомобильных номеров является неточное распознавание символов номерных знаков. Для описания данной проблемы была использована диаграмма Исикавы.

Диаграмма Исикавы – графический способ исследования и определения наиболее существенных причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации или проблеме.

Диаграмма представлена на рисунке 4.1.

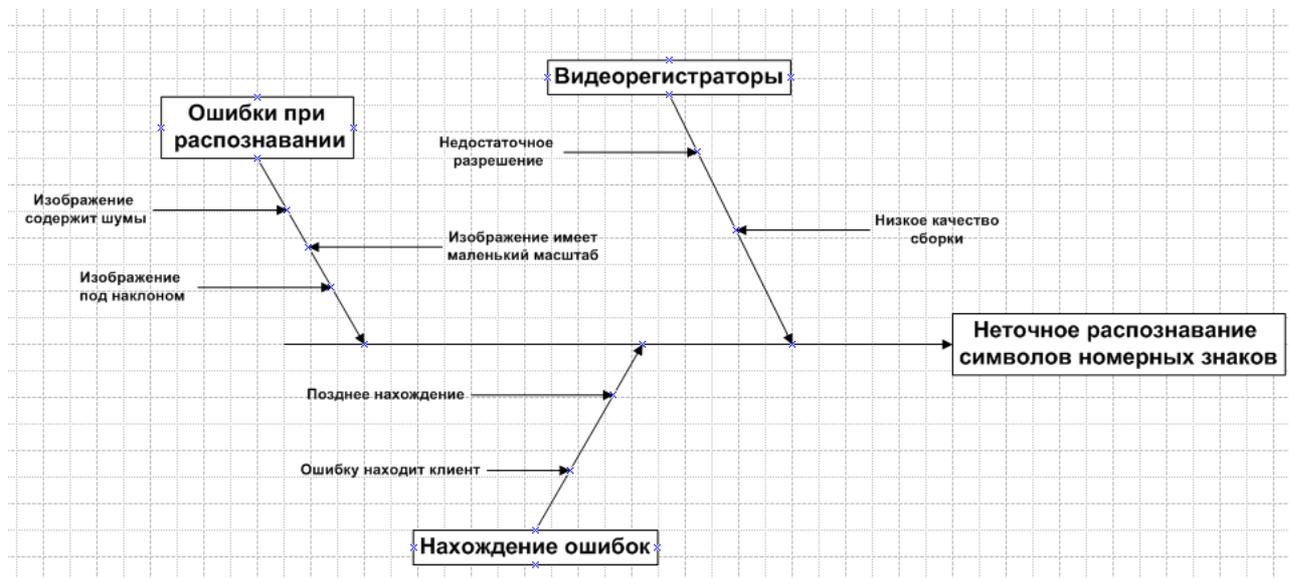


Рисунок 4.1 – Диаграмма Исикавы

4.2 Определение возможных альтернатив разработки

Для определения альтернативных вариантов реализации технической задачи используется морфологический подход. Морфологическая матрица для составляющих реализации рассматриваемого проекта представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Язык разработки	C++	Python	Swift
Б. ОС	Windows	Linux	Mac
В. Фреймворк	.NET Framework	Jupyter Notebook	JUCE
Г. Тип ИНС	Сверточные нейронные сети	Полносвязные нейросети	Автокодировщик

Из полученной морфологической матрицы, можно получить как минимум 3 варианта реализации проекта:

- Исполнение 1. А1Б1В1Г2.
- Исполнение 2. А2Б2В2Г1.
- Исполнение 3. А3Б3В3Г3.

В рамках магистерской диссертации реализуется первый вариант исполнения, а два других необходимы для проведения сравнительного анализа.

4.3 Организация и планирование работ

В данном разделе составляется список проводимых работ, определяются их исполнители и продолжительность. Так как число исполнителей не превышает двух, линейный график работ является наиболее удобным и компактным способом представления данных планирования. График выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка задач	1	Описание требований	НР
	2	Анализ предметной области	НР, С
	3	Разработка технического задания	НР, С
Проектирование	4	Проектирование алгоритмов распознавания автомобильных номеров	НР, С
Реализация	5	Реализация предобработки изображения	С
	6	Реализация сверточной нейронной сети	С
	7	Реализация программного обеспечения для распознавания автомобильных номеров	С
Тестирование	8	Функциональное тестирование	С
Оформление документации	9	Оформление пояснительной записки	С
	10	Проверка работы	НР

4.3.1 Продолжительность этапов работ

Определение трудоемкости работ каждого из участников проекта является важным этапом планирования научно-исследовательских работ, так

как трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер и рассчитывается с помощью длительности работ в рабочих и календарных днях каждого этапа работ.

По формуле 4.1, рассчитывается ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения каждой работы $t_{ожі}$ в человеко-днях.

$$T_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxі}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

$t_{maxі}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

По формуле 4.2, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{рi}$, с учетом численности исполнителей на каждом этапе выполнения работ.

$$T_{рi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где $T_{рi}$ – продолжительность i -ой работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

Для удобства построения графика проведения научного исследования необходимо перевести длительность каждого из этапов работ из рабочих в календарные дни с помощью формулы 4.3.

$$T_{ki} = T_{рi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Для расчёта длительности каждого из этапов работ в календарных днях необходимо рассчитать коэффициент календарности $k_{\text{кал}}$ используя формулу 4.4.

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности;

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{кал}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2019 году количество календарных дней составляет 365 дней, а сумма выходных и праздничных дней равна 118 дням. Из этого следует, что коэффициент календарности для 2019 года равен $k_{\text{кал}} = 1,47$.

Таблица 4.7 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях		
	tmin, чел-дни			tmax, чел-дни			toж, чел-дни											
	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3	И1	И2	И3
Описание требований	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2
Анализ предметной области	5	5	5	10	10	10	7	7	7	2	2	2	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
Разработка ТЗ	8	8	8	16	16	16	11	11	11	2	2	2	5,5	5,5	5,5	6,6	6,6	6,6
Проектирование алгоритмов распознавания автомобильных номеров	2	5	5	4	10	10	3	7	7	2	2	2	1,5	3,5	3,5	1,8	4,2	4,2
Реализация предобработки изображения	2	3	3	4	6	6	3	4	4	1	1	1	3	4	4	3,6	4,8	4,8
Реализация сверточной нейронной сети	25	27	28	50	54	56	35	38	39	1	1	1	35	38	39	42,2	45,8	47
Реализация программного обеспечения для распознавания автомобильных номеров	36	61	67	63	122	134	47	86	94	4	4	4	47	86	94	56,7	103,5	113,2
Функциональное тестирование	3	3	3	6	6	6	4	4	4	1	1	1	4	4	4	4,8	4,8	4,8
Внедрение разработанной библиотеки	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Оформление пояснительной записки	16	16	16	32	32	32	22	22	22	1	1	1	22	22	22	26,5	26,5	26,5
Проверка работы	6	6	6	12	12	12	8	8	8	1	1	1	8	8	8	9,6	9,6	9,6
Итого							142	189	198				131	176	185	158	211,8	222,7

Для наглядного отображения графика и распределения работ между участниками проекта использована диаграмма Ганта (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Календарный план-график проведения работ

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	$T_{кл}$	Продолжительность выполнения работ, декады.																	
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Описание требований	НР	1,2	□																	
2	Анализ предметной области	НР, С	4,2	■	■																
3	Разработка ТЗ	НР, С	6,6		■	■															
4	Проектирование алгоритмов	НР, С	1,8			■															
5	Реализация предобработки	С	3,6			■															
6	Реализация сверточной нейросети	С	42,2				■	■	■	■											
7	Разработка ПО	С	56,7							■	■	■	■	■	■						
8	Функциональное тестирование	С	4,8														■				
9	Внедрение разработанной библиотеки	НР, С	0,6														□				
10	Оформление пояснительной записки	С	26,5														■	■	■		
11	Проверка работы	НР	9,6																□		

■ Студент (С) □ Научный руководитель (НР)

4.3.2 Расчет накопления технической готовности

В данном разделе производится оценка текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Степень готовности определяется формулой 4.5:

$$СГ_i = \frac{ТР_i^H}{ТР_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i ТР_k}{ТР_{общ}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m ТР_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m ТР_{km}}, \quad (4.5)$$

где $ТР_{общ}$ – общая трудоемкость проекта;

$ТР_{i(k)}$ – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = 1, I$;

$ТР_i^H$ – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;

$ТР_{ij(kj)}$ – трудоемкость работ, выполняемых j -м участниками на i -м этапе.

Таблица 4.9 – Нарастание технической готовности работы для И1

Этап	$ТР_i, \%$	$СГ_i, \%$
1. Описание требований	0,76	0,76
2. Анализ предметной области	2,66	3,42
3. Разработка ТЗ	4,18	7,6
4. Проектирование алгоритмов	1,14	8,75
5. Реализация предобработки	2,28	11,03
6. Реализация сверточной нейросети	26,74	37,77
7. Разработка ПО	61,15	73,7
8. Функциональное тестирование	3,04	76,74
9. Внедрение разработанной библиотеки	0,38	77,12
10. Оформление пояснительной записки	16,79	93,92
11. Проверка работы	6,08	100

4.4 Бюджет научно-технического исследования

В состав бюджета входит стоимость всех расходов, необходимых для выполнения работ по проекту. При формировании бюджета используется группировка затрат по следующим статьям:

- материальные затраты;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Для выполнения проекта использован один персональный компьютер в компании. Мелкие расходы (канцелярия, затраты на печать и пр.) могут быть отнесены к статье прочих расходов.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	шт	1	1	1	2500 0	2500 0	2500 0	2500 0	2500 0	2500 0
Итого								2500 0	2500 0	2500 0

4.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей системы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и студента, а также премии и доплаты. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоёмкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Величина месячного оклада научного руководителя (МОНР) получена из открытых данных, размещенных на официальном сайте Национального исследовательского Томского политехнического университета. Величина месячного оклада инженеров (МОИ) берется как месячный оклад инженера кафедры.

Основной расчет фонда заработной платы выполняется по формуле:

$$ЗП_{дн-г} = MO/N, (4.6)$$

где MO – месячный оклад, руб.;

N – количество рабочих дней в месяц, при шестидневной рабочей неделе – $N = 24,91$, а при пятидневной рабочей неделе – $N = 20,58$.

Среднедневная заработная плата научного руководителя равна:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{33264,9}{24,91} = 1335,4 \frac{\text{руб.}}{\text{раб.день}}, \quad (4.7)$$

Среднедневная заработная плата руководителя от предприятия равна:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{41000}{24,91} = 1645,9 \frac{\text{руб.}}{\text{раб.день}}, \quad (4.8)$$

Среднедневная заработная плата студента равна:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{7250}{24,91} = 291 \frac{\text{руб.}}{\text{раб.день}}, \quad (4.9)$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Основная заработная плата исполнителей системы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка	Затраты времени, раб. дни			Коэффициент	Фонд з/платы, руб.		
			И1	И2	И3		И1	И2	И3
Научный руководитель	33264,9	1335,4	8	8	8	1,3	10683,2	10683,2	10683,2
Руководитель от предприятия	41000	1645,9	23	27	27	1,3	37855,7	44439,3	44439,3
Студент	7250	291	13	18	18	1,3	38703	52380	54999
Итого:							87241,9	107502,5	110121,5

4.4.3 Расчет затрат по дополнительной заработной плате

По данной статье предусмотрены затраты по дополнительной заработной плате, учитывающие величину доплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчёты дополнительной заработной платы приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Дополнительная заработная плата исполнителей системы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Коэффициент	Дополнительная заработная плата, руб.		
	И1	И2	И3		И1	И2	И3
Руководитель	10683,2	10683,2	10683,2	0,12	1281,98	1281,98	1281,98
Администратор	37855,7	44439,3	44439,3		4542,68	5332,72	5332,72
Студент	38703	52380	54999		4644,36	6285,6	6599,88
Итого					10469,03	12900,3	13214,58

4.4.4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	И1	И2	И3	И1	И2	И3
Руководитель	10683,2	10683,2	10683,2	1281,98	1281,98	1281,98
Администратор	37855,7	44439,3	44439,3	4542,68	5332,72	5332,72
Студент	38703	52380	54999	4644,36	6285,6	6599,88
Коэффициент ПФРФ	0,22					
Коэффициент ФСС	0,029					
Коэффициент ФФОМС	0,051					
Итого						
Исполнение 1	29313,28					
Исполнение 2	36120,84					
Исполнение 3	37000,82					

4.4.5 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами и пр. Величину коэффициента накладных расходов можно принять в размере 16%.

Для исполнения 1: Знакл = $152024,2 * 0,16 = 24323,9$ рублей.

Для исполнения 2: Знакл = $181523,6 * 0,16 = 29043,8$ рублей.

Для исполнения 3: Знакл = $185336,9 * 0,16 = 29653,9$ рублей.

4.4.6 Формирование бюджета затрат проекта

Сумма затрат по всем статьям расходов рассчитывается и заносится на данном этапе в таблицу 4.14.

Таблица 4.14 – Бюджет затрат проекта

Статья затрат	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Материальные затраты НТИ	25000,0	25000,0	25000,0
Основная заработная плата исполнителей темы	87241,9	107502,5	110121,5
Дополнительная заработная плата исполнителей темы	10469,028	12900,3	13214,58
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	29313,28	36120,84	37000,82
Накладные расходы	24323,9	29043,8	29653,9
Итого	176348,11	210567,44	214990,8

На основании данных таблицы 4.14 можно сделать вывод о том, что наименьший бюджет для реализации работ приходится на 1 исполнение. Первый вариант исполнения является наиболее выгодным в плане реализации.

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. Определение эффективности производится путем определения интегрального показателя эффективности научного исследования через нахождение величин финансовой и ресурсной эффективности.

Интегральный финансовый показатель определяется по следующей формуле 4.10:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\text{max}}, \quad (4.10)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Исполнение 1: $I_{\text{финр}} = 176348,11 / 214990,8 = 0,82$;

Исполнение 2: $I_{\text{финр}} = 210567,44 / 214990,8 = 0,98$;

Исполнение 3: $I_{\text{финр}} = 214990,8 / 214990,8 = 1$.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

$$I_{pi} = \sum_i^n a_i b_i, \quad (4.11)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Бальная оценка каждого варианта исполнения по техническим критериям представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования			
	Весовой коэффициент	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Повышение производительности труда пользователя	0,14	5	5	3
2.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,14	5	5	3
3.Надежность	0,14	5	5	4
4.Безопасность	0,103	5	5	5
5.Потребность в ресурсах памяти	0,14	4	3	3
6.Функциональная мощность	0,131	4	4	4

(предоставляемые возможности)				
7.Простота эксплуатации	0,103	5	3	3
8.Качество интеллектуального интерфейса	0,103	4	4	4
Ресурсоэффективность:		4,63	4,28	3,58

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}}, (4.12)$$

После этого определяется сравнительная эффективность исполнений разработки, которая позволит определить самый выгодный вариант разработки с позиции финансовой и ресурсной эффективности:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}, (4.12)$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,63	4,28	3,58
3	Интегральный показатель эффективности	5,64	4,37	3,58
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,77	0,64

По результатам таблицы 4.16 можно сделать вывод, что самым эффективным исполнением с позиции ресурсоэффективности и финансовой эффективности является первое исполнение и его стоимость равна 176348,11.

Второе исполнение занимает второе место. Интегральный показатель эффективности на 22% ниже первого, а сумма бюджета составляет 210567,44.

Наименее эффективным является третье исполнение, его интегральный показатель эффективности на 13% ниже второго исполнения, сумма бюджета 214990,8.

4.6 Вывод по разделу

В данном разделе был определен основной рынок, на который направлена данная разработка.

Проведение QuaD анализа доказало перспективность разработки. Так же были определены преимущества и недостатки по отношению к конкурирующим разработкам. Анализ возможных альтернатив разработки, на основе морфологической матрицы, показал три возможных исполнения. Для определения этапов работы и продолжительности был составлен список проводимых работ. Длительность работы в календарных днях составила 158. Для наглядного распределения работ между участниками проекта, построена диаграмма Гантта. Определены сметы затрат на выполнение проекта. Финансовые затраты на первое исполнение составили 176348,11 рублей. Разница по сравнению со вторым исполнением составляет 34219,33 рубля. Проведен анализ сравнительной эффективности исполнений. Наиболее эффективной оказалось первое исполнение.

В результате можно сделать вывод что выбор первого исполнения является полностью оправданным как с финансовой, так и с точки зрения эффективности.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Целью представленной магистерской диссертации является разработка алгоритмов распознавания автомобильных номеров в условиях слабой видимости, а также реализация программного обеспечения, реализующего данные алгоритмы. Данное программное обеспечение может быть использовано на контрольно-пропускных пунктах, для платных парковок, для охраны и контроля въезда/выезда в жилые зоны.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Большое значение в работе имеет организация рабочих мест сотрудников и создание благоприятных условий труда.

Оптимальный режим труда и отдыха это одно из важных условий качественной работоспособности сотрудников. При несоблюдении режима труда и отдыха снижается работоспособность сотрудников, появляются головные боли, усталость, болезненные ощущения в глазах, раздражительность, психоэмоциональное напряжение.

Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и экспериментальной установкой. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Согласно [28] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

Главными элементами рабочего места являются рабочий стол и стул, при этом работа проводится в положении сидя. Следовательно, для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью сотрудника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз.

При организации рабочего места в лаборатории корпуса 10 НИ ТПУ реализуются следующие правила:

- высота стола составляет 720 мм, в соответствии с нормами [28] - 725 мм;

- рабочий стул не имеет регулировку высоты и поворотов, угол наклона спинки стандартный и так же не имеет возможности регулировки, не имеет подлокотников;

- клавиатура располагается на расстоянии от 150-200 мм от края стола, что соответствует нормам [28].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

5.2 Производственная безопасность

Офисные сотрудники подвергаются в основном физическим и психофизиологическим факторам. В таблице 5.1 представлены все вредные и опасные факторы и их классификация в соответствии с нормативными документами.

Таблица 5.1 – Классификация вредных и опасных факторов

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ						Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация				
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+				1. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [29] 2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [30]

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95[31] 4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. [32]
3. Превышение уровня шума		+		5. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [33]
4. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.	+	+	+	6. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы». [34] 7. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" [35] 8. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. [36]
5. Психологическое	+	+	+	9. ГОСТ 12.0.002-2014 Система

кие факторы				стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения [37]
6.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	10. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация» [38]

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата

В ГОСТ 12.1.005-88 [39] представлены гигиенические нормативы на параметры микроклимата в рабочем помещении. Микроклимат определяется сочетаниями влажности, температуры воздуха, окружающих поверхностей и скорости движения воздуха действующих на организм человека.

В комплексные планы мероприятий по охране труда обязательно включаются мероприятия по оптимизации микроклиматических показателей до нормативных значений. Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 выполняемая работа относится к категории легкая (1б) - интенсивность энергозатрат в пределах 121-150 ккал/час (140-174 Вт), это работы сидя, стоя или связанные с ходьбой с некоторым физическим напряжением. В таблице 5.2 представлены оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений. В таблице 5.3 представлены допустимые величины показателей микроклимата.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, 0С	Температура поверхностей, 0С
Холодный	60-40	0,1	21-23	20-24

Теплый	60-40	0,1	23-25	22-26
--------	-------	-----	-------	-------

Таблица 5.3 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с		Температура воздуха		Температура поверхностей, С
		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин не более	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	15-75	0,1	0,2	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0
Теплый	15-75	0,1	0,3	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0

В лаборатории, где велась разработка, температура поверхностей и температура воздуха составляет 20С и 23С соответственно, а влажность воздуха 40%; а в теплый период температура поверхностей и температура воздуха - 24С и 26С соответственно. Сравнивая со значениями из таблицы, отклонений от норм не выявлено.

5.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочих мест является одним из важных факторов, который оказывает влияние на создание благоприятных и безопасных условий труда, которые в свою очередь влияют на настроение, самочувствие и результативность деятельности трудящегося. Более 90% информации при работе человек получает по средствам зрения, и недостаточная освещённость будет затруднять деятельность рабочего и нагружать его свыше допустимой нормы, будет вызывать уменьшение остроты зрения, утомление организма и негативно сказываться на его психологическом состоянии.

На практике используются два вида освещения: естественное и искусственное. Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения.

Согласно требованиям [28] и [40] необходимо при проведении испытаний соблюдать определенные правила:

- применять комбинированную освещенность;
- естественный свет преимущественно должен падать слева;
- освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк;
- освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;
- в качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ);
- для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования персональных электронно-вычислительных машин следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

В лаборатории, где производилась работа, освещенность комбинированная, естественный свет падает слева, соблюдены все нормы освещенности, чистка окон производится 2 раза в год.

5.2.3 Превышение уровня шума

При постоянном нахождении в помещении где уровень шума более 85 децибел, могут наблюдаться нарушения слуха. Для лаборатории, в которой велась разработка, основными источниками шума являются расположенные в помещении компьютеры и кондиционер. Уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений регламентирует ГОСТ 12.1.003-2014. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Помещения, в которых для работы используют компьютеры не должны соседствовать с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения. В помещениях, которые оборудованы компьютерами, которые являются основным источником шума, уровень шума на рабочем месте должен быть не более 50 дБ.

Рассматриваемая лаборатория по уровню производственных шумов, не выходит за рамки допустимых значений. Уровень шума менее 50 дБ.

5.2.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями.

Работая за компьютером, сотрудник подвергается воздействию электромагнитного и электростатического полей. Создаваемое персональным компьютером электромагнитное излучение имеет электрическую (E) и магнитную (H) составляющие, а также сложный спектральный состав с диапазоном частот от 0 до 1000 МГц. Основным источником электромагнитных излучений является ЖК монитор, имеющие низкий уровень электромагнитного излучения.

СанПиН 2.2.4.3359-16 определяет нормы допустимых уровней напряженности электрических полей. Они зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах рассчитывается по формуле $T=50/E-2$. Если напряженность электрического поля лежит в диапазоне 20–25 кВ/м, то работа не может продолжаться более 10 минут. При напряженности, не превышающей 5 кВ/м деятельность людей в рабочей зоне может осуществляться в течение 8 часов.

СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», регламентирующий безопасные уровни излучений. В таблицах 5.4-5.5 представлены предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах и допустимые уровни электромагнитных полей.

Таблица 5.4 – Предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ	ПДУ магнитной	ПДУ	ПДУ магнитной
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

Таблица 5.5 – Допустимые уровни электромагнитных полей

Наименование параметра	
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг дисплея до электрической составляющей, В/м, не более:	
в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25
в диапазоне частот 2 – 400 кГц	2,5
Плотность магнитного потока на расстоянии 50 см вокруг дисплея, нТл, не более:	
в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250
в диапазоне частот 2– 400 кГц	25
Поверхностный электростатический потенциал, В, не более	500

Для снижения уровня излучений проводятся следующие мероприятия:

- применение средств индивидуальной защиты, направленных на экранирование пользователя ПК целиком или отдельных частей его тела;
- употребление профилактических напитков;
- использование других технических средств защиты от электромагнитных излучений
- сертификация ПК и аттестация рабочих мест;
- применение фильтров и экранов;

- организационно-технические мероприятия;

В рассматриваемой лаборатории, уровень напряженности электромагнитного поля не превышает предельно-допустимые значения, индивидуальная защита пользователей не требуется

5.3 Психофизиологические факторы

Для того чтобы минимизировать психофизиологические нагрузки на сотрудника, следует уделить внимание требованиям организации рабочего места. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования (в данном случае компьютера и экспериментальной установки), с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Для уменьшения психофизиологических нагрузок на сотрудника так же целесообразно соблюдать требования к режиму труда и отдыха.

В частности соблюдение данных требований позволит минимизировать нервно-психические, нервно-эмоциональные перегрузки, а так же утомление глаз, повышенную нагрузку на зрение.

Согласно [30] рекомендуется организовывать перерывы на 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы. При этом продолжительность непрерывной работы с компьютером не должна превышать 2 часов.

Во время перерывов следует выполнять комплекс упражнений для снятия утомления зрительного анализатора, напряжения в позвоночнике, а также общего эмоционального напряжения.

5.3.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Лаборатория, в которой расположены персональные компьютеры, относится к помещениям без повышенной опасности, так как согласно ГОСТ 12.0.003-2015 отсутствуют следующие факторы:

- высокая температура;
- токопроводящая пыль;

- токопроводящие полы;
- сырость;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам, металлическим корпусам электрооборудования.

Мероприятия, направленные на предотвращение возможности поражения электрическим током, включают в себя следующее:

- при выполнении монтажных работ необходимо использовать только исправно работающий инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- запрет на выполнение работ на задней панели при включенном сетевом напряжении;
- выполнение работ по устранению неисправностей должно производиться компетентными людьми;
- нужно постоянно наблюдать за исправностью электропроводки и в случае обнаружения неисправностей незамедлительно принимать действия по их устранению.

Согласно ГОСТу 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» к средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся:

- заземляющие устройства;
- нейтрализаторы;
- увлажняющие устройства;
- антиэлектростатические вещества;
- экранирующие устройства.

5.4 Экологическая безопасность

Компьютер, используемый в работе, не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Компьютер в своем составе содержит токсичные вещества электронных отходов такие, как бромсодержащие замедлители горения, поливинилхлориды, ртуть, которые в процессе эксплуатации не вызывают негативных последствий, однако со временем приходится производить утилизацию персонального компьютера как твердого отхода.

При завершении срока службы ПК, его можно классифицировать, как отход электронной промышленности.

При утилизации происходит разбор компьютеров на следующие компоненты: блоки питания, процессоры, электронные платы, кабеля. Утилизация, как электронно-вычислительных машин, так и другой оргтехники включает в себя работы по: погрузке, транспортировке, разгрузке, демонтажу и извлечению различных материалов из исписанных технических средств, а также сдачу на материалы специализированным организациям для дальнейшей переработки. Основными материалами, которые извлекаются из технических средств, являются: черный металл (алюминий, медь), пластик, платы, содержащие драгоценные металлы, стекло. Переработка таких отходов осуществляется согласно [31].

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одна из возможных чрезвычайных ситуаций – пожар, поэтому пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Причинами возникновения пожара может быть короткое замыкание, искрение и электрические дуги, перегрузки по току, статическое электричество, а также халатное неосторожное обращение с огнем, например, оставленные без присмотра нагревательные приборы.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

1. назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
2. проведение обязательного первичного инструктажа по пожарной безопасности;
3. издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности;
4. использование только исправного оборудования;
5. курение в строго отведенном месте;
6. содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для исключения возникновения пожара необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр.

Использование в помещении открытых электронагревательных приборов может привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага - легковоспламеняющийся предмет.

В целях профилактики пожара предлагается не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

Еще одним фактором возникновения пожара может стать курение в помещении. Поэтому курение в помещении лаборатории категорически запрещено.

В случае возникновения пожара необходимо вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

Здание корпуса 10 Томского политехнического университета, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии

порошковые огнетушители и план эвакуации, а так же установлен план эвакуации с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу.

5.6 Выводы по разделу

В данной главе был произведен анализ рабочего помещения, анализ вредных и опасных факторов и методы минимизации их воздействия на человеческое здоровье. Были рассмотрены нормативы микроклимата, освещения, шума, электробезопасности помещения. Исходя из полученных данных можно утверждать, что оно соответствует требованиям законодательства РФ. Также были рассмотрены аспекты экологической, производственной безопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях (на примере пожароопасности).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведен теоретический анализ задачи распознавания автомобильных номеров, проведен обзор систем распознавания автомобильных номеров с оценкой качества, после чего был сформирован набор требований.

После теоретического анализа разработан алгоритм распознавания автомобильных номеров на языке программирования C++ с использованием библиотеки OpenCV для предварительной обработки изображения и библиотеки Tesseract для распознавания символов. Так как алгоритм имел ряд недостатков, было решено его модернизировать. Модернизация включила в себя поиск номерной пластины на изображении автомобиля, поиск границ автомобильного номера, трансформацию изображения и распознавание с помощью сверточной нейронной сети.

В конечном итоге было спроектировано и разработано два консольных приложения, реализующих алгоритм распознавания автомобильных номеров в условиях слабой видимости и доработанный алгоритм распознавания автомобильных номеров в условиях слабой видимости. В первом случае процент точности составил 83 процента, во втором – 92 процента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 50577-93. Знаки государственные регистрационные транспортных средств. Типы и основные размеры. Технические требования. Введен с 1993-06-29. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 27 с.
2. Регистрационные знаки транспортных средств в России // Википедия. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Регистрационные_знаки_транспортных_средств_в_России.
3. Автомаршал [Электронный ресурс] URL: <http://avtomarshal.ru/>.
4. SL-Traffic. Безопасный город [Электронный ресурс] URL: <http://goal.ru/>.
5. SecurOS Auto [Электронный ресурс] URL: <http://www.iss.ru/products/intelligent/auto/>.
6. CVS Computer Video Security [Электронный ресурс] URL: <http://www.cvsnt.ru/>.
7. Оттенки серого // Wikipedia [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оттенки_серого/.
8. Быстрое размытие по Гауссу // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/151157/>
9. Бинаризация изображений // Recog.ru [Электронный ресурс] URL: <http://recog.ru/blog/applied/15.html>.
10. Детектор границ Канни // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/114589/>.
11. Сегментация изображений // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/128768/>.
12. Работа каскада Хаара в картинках: теория и практика. // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/company/recognitor/blog/228195/>.
13. Интегральное представление изображений // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/6234768/page:3/>.
14. Метод Виолы-Джонса как основа для распознавания лиц // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/133826/>.

15. Обучение OpenCV каскада Хаара // Хабрахабр [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/208092/>.
16. A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition Kuo-Ming Hung and Ching-Tang Hsieh : гистограммный подход при распознавании номеров [Электронный ресурс] URL: <http://www2.tku.edu.tw/~tkjse/13-4/09-IE9722.pdf/>
17. Гистограмма яркости изображения. [Электронный ресурс] URL: https://studbooks.net/2250867/informatika/gistogramma_yarkosti_izobrazheniya/.
18. Основы ИНС – Нейронные сети [Электронный ресурс] URL: https://neuralnet.info/chapter/основы_инс/.
19. Хайкин С. Нейронные сети : полный курс : пер. с англ. / С. Хайкин. – 2-е изд., испр.. – М. [и др.]: Вильямс, 2006. – 1103 с.
20. Комарцова Л. Нейрокомпьютеры : учебное пособие для вузов / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. – 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 399 с.
21. Классификатор изображений на основе сверточной сети [Электронный ресурс] URL: <http://mechanoid.kiev.ua/ml-lenet.html>
22. OpenCV // Wikipedia [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenCV/>.
23. Tesseract // Wikipedia [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesseract/>.
24. Caffe // Wikipedia [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Caffe/>.
25. Фильтр Гаусса // Wikipedia [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Гаусса.
26. Технология QuaD // Студопедия [Электронный ресурс] URL: https://studopedia.ru/11_133776_tehnologiya-QuaD.html
27. SWOT-анализ // E-xecutive [Электронный ресурс] URL: <https://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/SWOT-анализ>

28. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-12-1-019-2009-ssbt>

29. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/11/11774/.

30. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218118/

31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/70d/zak2456.pdf>

32. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249895/

33. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/205913/

34. СанПиН 2.2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249903/

35. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/556314/

36. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности. // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218119/

37. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/388071/

38. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация» // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/standart/169654/

39. ГОСТ 12.1.005-88. // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/218118/

40. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений // Библиотека гостей и нормативов. [Электронный ресурс] URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2107/.

Приложение А

(Обязательное)

Раздел 1

Теоретический анализ задачи распознавания автомобильных номеров

Theoretical analysis of the problem of license plate recognition

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Шумилин Олег Петрович		

Консультант ОИТ ИШИТР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мирошниченко Е.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сидоренко Т.В.	к.п.н		

There is a large number of industrial license plate recognition software. This section provides a brief analytical review of some software products. The description of each product contains information about the name, scope and recognition technologies used.

Introduction to the subject area

The current state standard of the Russian Federation defines 22 types of state registration marks (GTP) installed on vehicles [1]. The standard defines the main dimensions, as well as technical requirements for the RSA. The technical requirements described in the standard are aimed at ensuring road safety, life, health, safety of property of the population and environmental protection. This paper considers the recognition of type 1 SRD with a two-digit and three-digit registration region code in accordance with the current standard of the Russian Federation [1]. Recognition of other types of RR is not considered in this work. Examples of type-1 RSD with a two-digit and three-digit registration region code are shown in Figures A.1 and A.2.



Figure A.1 – Type mark «1» with a two-digit region code [1]



Figure A.2 – Type mark «1» with a three-digit region code [1]

In the Russian Federation, the majority of registration marks are standard marks of the 1993 model, the type of which is determined by GOST R 50577-93 [1]. License plates of route vehicles (TS), military TS, TS diplomatic missions, TS MVD, trailers,

construction equipment and motorcycles have a format and / or dimensions slightly different from the standard one. Combinations on standard license plates are based on the principle - 3 letters, 3 numbers. The letters mean a series of license plate, and the numbers - the number. GOST R 50577-93 establishes the use of 12 Cyrillic letters on characters, which have graphic analogs in the Latin alphabet - A, B, E, K, M, H, O, P, C, T, U and X. , in a detached quadrilateral, are located: in the lower part - the flag of the Russian Federation with the inscription "RUS", and in the upper part - the code designation of the subject of the Russian Federation where the car was registered. Letters on the size of the font is less than the numbers [2]. All numbers used are registered. Each administrative district has its own number, common to all vehicles registered in this district. The total number of sets of registration marks that can be manufactured for each subject of the Russian Federation is determined by GOST R 50577-93 and is 1 million 726 thousand 272 ($= 12^3 \times (10^3 - 1)$, the number of three zeros can not be).

Figure A.3 shows the territorial distribution of vehicle registration region codes.



Figure A.3 – «Geography» license plate codes

The most popular license plate recognition software includes:

- Software «Автомаршал»;
- Software «Спецлаб-Трафик»;
- Software «SecurOS Auto».

«Автомаршал»

Brief description of the product.

«Автомаршал» is a license plate recognition software product. It is used to automate the accounting of the passage of cars, check them in databases and limit the access of cars to the territory [3].

Application area

- checkpoints of enterprises;
- paid parking;
- parking at vending machines;
- closed areas;
- residential complexes;
- car wash;
- cottage villages;
- automatic search of transport.

Opportunities

- detection of vehicles in the control zone and determination of their directions;
- recognition of state registration numbers of cars;
- maintaining the base of the driven vehicles;
- management of barriers and traffic lights in automatic and automated modes when organizing access of vehicles to closed areas (enterprises, parking lots, HOA, cottage villages, etc.);
- support of user databases for cars: such as “Clients”, “VIP”, “Search”, “Black List”, etc.
- search for recognized vehicle numbers in user databases and, if there is a match, automatic response according to a user-defined scenario;

- transfer of recognition data to third-party accounting systems;
- preparation, printing, sending by SMS and e-mail of various reports generated both automatically and at the request of the user;
- monitoring the movement of vehicles throughout the enterprise and monitoring compliance with the established regulations for such movements;
- delimiting the access of different categories of users to the generated data on passwords or cards.

Recognition methods and technologies

Recognition of license plates is performed using the RecarKernel recognition core (developed by the «Малленом» research and production company). In the system of recognition of car numbers "Автомаршал" for the most reliable work in various conditions (day, night, precipitation, bright sun, illumination from the headlights), two algorithms are used that work in parallel. The first algorithm is based on neural networks, the second algorithm is a classifier based on multidimensional interpolation and approximation [3].

«СпецЛаб-Трафик» (SL-Traffic)

Brief product description

"SL-Traffic" is a software module for reading and recognizing license plates in real time. The module works as a video filter in the system or can be embedded in any video registration system, including third-party companies.

Application area

- In conjunction with the “СпецЛаб - Check Registration” program, designed specifically to ensure the efficient operation of traffic police officers, “SL-Traffic” allows for automatic registration of vehicles passing through the traffic police post without human intervention.
- In conjunction with the “СпецЛаб - Dossier” program, SL-Traffic serves to ensure security, monitor entry / exit of vehicles from car parks, collective garages, areas with limited access;
- monitoring the movement of vehicles, both within the city and on highways.

Opportunities

- recognition of all single-line numbers issued in Russia and a number of other countries of the near and far abroad;
- simultaneous recognition of up to 20 numbers on one frame (more numbers simply will not fit in the frame with the required image quality);
- Optical determination of the speed of vehicles on the rate of change of the frame numbers;
- finding the best number from the sequence of certain numbers for one car (in case the car number was determined several times);
- accelerated work on the search zones;
- use of four number recognition algorithms to increase efficiency;
- regulation of recognition speed;
- work both with your own archive and with other databases.

Recognition methods and technologies

A video camera is installed at the control point in accordance with the requirements listed above. The video signal from this camera is inserted into the computer by means of a video capture card installed into it and processed in real time by the SL-Traffic license plate reader and license plate recognition software in the following sequence:

- detection of a moving vehicle in the area of the camera;
- a car license plate (or several license plates) is being searched;
- recognition of the detected number is carried out;
- take pictures of a passing car (at the request of the user);
- the received information is transferred for registration and archiving to the database selected at the discretion of the user;
- an archive is maintained.

The user is offered 4 types of number recognition algorithms [4]. The choice of the best of them is made by the user independently in order to achieve the best result in the specific conditions of use.

The work of the “SL-Traffic” software module in conjunction with the “СпецЛаб - Registration Check” software is also conducted in real time and almost instantly (within one second) performs the following operations:

- conducts recognition of numbers;
- searches for all existing databases in the traffic police;
- when detecting criminal information, it gives an audible warning and an alarm message on the monitor screen;
- all received information is logged.

«SecurOS Auto»

Brief product description

The system of intelligent video analysis "SecurOS Auto" provides recognition of vehicle license numbers. SecurOS Auto operates on the basis of the SecurOS video management integration platform, which allows you to create a security complex with the necessary functionality for the customer.

Application area

The scope of "SecurOS Auto" covers a significant range of tasks from ensuring security in parking lots to controlling the flow of cars throughout the city.

Opportunities

- recognize license plates in more than 50 countries of the world;
- recognize numbers by individual frames without using video;
- quickly set up updates to recognize new standard numbers;
- create a database of recognized numbers with the preservation of the accompanying information about the date, time and place of detection of the vehicle, speed and direction of its movement, as well as links to the video clip;
- organize a search for previously recognized numbers by specified parameters;
- support simultaneously external and internal lists of numbers (informational, white, black);
- automatically check the recognized state license plate (RD) using internal and external lists (databases);

- set up the necessary system responses to number recognition, to search results;
- promptly inform the operator (supported, including voice notification) and / or send a notification (email, SMS, etc.) to external services about the number recognition results and / or the results of the comparison of vehicle data with the lists of numbers;
- create the required number of AWP operators;
- automatically generate reports of various types based on the results of recognition, database search [5].

Recognition methods and technologies

The localization module forms hypotheses about the probable presence of a license plate on the image (in the frame) and correctly handles the situation of the presence of several license plates in the frame. The analysis is based on the search for areas of the frame that have a text-specific structure of brightness differences. In the settings of the recognition mode, you can specify whether to search for license plates in the fixed zones of the frame.

The position of the license plate in the frame is predicted not only based on the analysis of the current image, but also by extrapolating the recognition results in the previous frames.

Image scaling and binarization. Recognition of the RSA is carried out in several stages of the analysis of the two-event (binarized) and half-tone images. The frame area specified by the localizer is scaled and then binarized using its own algorithm. As a result, an image that is convenient for quick analysis, consisting of only white and black pixels, appears.

Number Recognition At the stage of analyzing a binary image, the identification and recognition of number characters, their alignment in a sequence of characters, as well as the search for missing characters, based on the number plates used in a particular country, are performed.

Comparing the image with a set of templates allows you to avoid false recognition of “artifacts”, determining the wrong number of characters in the number, incorrect recognition of closely spaced characters, etc.

In SecurOS Auto, templates are used that take into account the geometry of the arrangement of characters on license plates. As a rule, recognizing three or four characters in a number is enough to correctly superimpose a pattern on the image. This allows you to determine the location of the remaining characters and recognize them with a high degree of probability. Templates contain information about the allowable sequences of letters and numbers, their number, the physical size of numbers - the ratio of the length and width of the frame, the presence of the image of the state flag or other graphic elements. “SecurOS Auto” allows you to operate at the same time with an almost unlimited number of sets of HRS templates from different countries, however, for confident recognition in the rate of video receipt, it is recommended to use templates of no more than five or six countries.

The implemented halftone analysis can significantly improve the recognition accuracy. This is especially important if it is necessary to make a choice between several “competing” variants having similar spelling, the degree of difference of which may become even smaller due to the small size of the symbol, low contrast, the presence of interference, etc.

Refinement of the recognition result, i.e. re-recognition, produced depending on the results of the first pass. The original localized image is re-processed with different contrast settings, zooming, and other types of normalization depending on the identified problem.

Interframe merging of recognition results and the issuance of the final result. Number recognition is carried out on all frames, where its size and contrast are within specified limits, and the results are transmitted to the Tracking module for interframe matching, predicting the number trajectory on subsequent frames of the video sequence, and issuing the final result (fixing the number). The module “Tracking” can simultaneously “lead” all the numbers detected in the frame.

For consistently good results, it is enough that the license plate is visible at least in three to five frames. For example, one camera 25–30 frames per second, controlling a zone of a roadway 8 meters long, allows you to get four or more shots of a car moving at a speed of 120–180 km / h. Such a number of frames is usually sufficient for confident recognition of all characters of the license plate.

The quality and speed of recognition depends on such indicators as the quality of the optics and the camera exposure, the adequacy of the illumination of the observation area, the processing power of the video analytics server, etc. The expert assessment of the project and laboratory testing, prior to the creation of the project specification, allow the recognition performance to be maintained at the level of 96% - 99.9%

The final recognition result is given in the form of an “event” that is available to all modules as part of “SecurOS”. Depending on the user settings, SecurOS saves the entire fragment of the vehicle's passage or its “best frame”, determined on the basis of intermediate recognition results.

"SecurOS Auto" has several modes of issuing a result of recognition, which depend on user settings. Two of them, “road” and “parking”, suggest that the camera is fixed, and the third, “mobile”, that the camera is installed in a moving, for example, patrol car.

In the “road” mode, only moving numbers are recognized, and the result is given when the number leaves the frame or if it is “lost” in the frame (usually as a result of overshadowing).

In the “parking” mode, fixed numbers are also recognized, and the result is issued also in the case of a vehicle being stopped, which was previously in motion. In the latter case, “SecurOS Auto” determines at what point the machine with the recognized number “left the frame”; This event can be transmitted to the control system of the barrier.

Saving recognition results in a database and comparing with lists of numbers and checking speeding.

The event of recognition of the SRT is handled, among other things, in the “Control” module. Here, the identification of the number of a particular lane is determined, the speed of a passing car is determined from the radar data, the recognition result is saved in the SecurOS Auto database, as well as checked by internal and external lists. The result of the check, for example, the presence of this number in the hijacking database or the excess of the allowed speed of movement in this lane, is also stored in its own database, and also sent as an event to “SecurOS”. As a result, an “alarming” line appears in the “SecurOS Auto” user interface.

Test of license plate recognition systems

Employees of the test lab of the journal “PROSYSTEM CCTV” [6] carried out tests of license plate recognition systems provided by various companies.

The test procedure, a sufficient amount of test material, the possibility of the presence of representatives of competing firms during testing exclude the subjectivity or ambiguity of interpretation of the results.

The article [6], representing the results of the analysis, introduces the concept of “accuracy of recognition”, K . The accuracy of the system is proportional to the number of correctly recognized numbers T and inversely proportional to the total number of images - F . Thus, the measure of accuracy of recognition can be calculated by the formula A.1:

$$K = \frac{T}{F} \times 100, \text{ (A.1)}$$

Table A.1 shows a comparative analysis of popular systems on the market for license plate recognition software.

Table A.1 - Summary Table of Results

System Name	The number of correctly recognized numbers (T),%
АВТО-ИНСПЕКТОР	94,19
Auto Trassir	83,07
CVS АВТО	82,09
MegaCar	81,06
Overseer Traffic	79,89
АВТОУРАГАН 3.3.2	89,69
АВТОУРАГАН 3.4	90,45

ИнтеграВидеоАвто	81,77
Поток	86,38
ТелеВизардАвто	51,33

Приложение Б

(CD- диск)