

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 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка нейросетевого метода детектирования и распознавания знаков дорожного движения

УДК 004.932.1.032.26:629.3.066.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM83	Рябов Виктор Михайлович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки Алексей Алексеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В. Г.	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные 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.
Профессиональные компетенции	
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.
Общекультурные компетенции	
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом

P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности
P11	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 (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Спицын В.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ83	Рябову Виктору Михайловичу

Тема работы:

Разработка нейросетевого метода детектирования и распознавания знаков дорожного движения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№140-46/с от 19.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2020 г.
------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p style="text-align: center;">Исходные данные к работе</p> <p style="font-size: small;"><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p style="text-align: center;">Предметом исследования является реализация алгоритмов обработки изображений и машинного обучения для обнаружения и распознавания дорожных знаков на изображениях реальных сцен.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор предметной области 2. Разработка и реализация алгоритмов детектирования и распознавания 3. Результаты работы
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Блок-схема алгоритма 2. Изображения работы алгоритмов детектирования и распознавания знаков дорожного движения 3. Результаты работы

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основная часть	Доцент ОИТ ИШИТР, к.т.н., Друки А. А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Доцент ООД ШБИП, к.т.н., Горбенко М. В.
Английский язык	Доцент ОИЯ ШБИП, к.филол.н., Аксёнова Н. В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Раздел Introduction
Раздел 2 Development of algorithms for detection and recognition of road sign in an image
Раздел Conclusion

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.03.2020
-------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки А. А.	к.т.н.		10.03.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Рябов Виктор Михайлович		10.03.2020

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 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий
 Период выполнения (осенний/ весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2020
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.06.20	<i>Основная часть</i>	70
14.06.20	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
14.06.20	<i>Социальная ответственность</i>	10
14.06.20	<i>Обязательное приложение на иностранном языке</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки А. А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Студенту:

Группа 8ВМ83	ФИО Рябов Виктор Михайлович
-----------------	--------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы из реальных осуществляемых затрат: потребление технических ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1. График проведения и бюджет НИИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В. Ю.	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Рябов Виктор Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8BM83	Рябов Виктор Михайлович

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

Разработка нейросетевого метода детектирования и распознавания знаков дорожного движения.	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Разработка алгоритма детектирования и распознавания дорожных знаков. Задачи распознавания дорожных знаков обусловлена повышением уровня безопасности на дорогах общего пользования и чрезвычайной важности информации, которую содержат дорожные знаки.
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.	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Трудовой кодекс: Федеральный закон от 30 декабря 2001г. N 197-ФЗ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы производственной среды: повышенный уровень шума и вибрации, микроклимат, отсутствие или недостаток естественного света.
3. Экологическая безопасность	Влияние на литосферу из-за утилизации бытовых отходов. Косвенное влияние на атмосферу – высокий уровень потребления электроэнергии. На гидросферу воздействий не происходит
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможные ЧС на объекте: пожар, обрушение здания, землетрясения, метеорологические опасные явления. Наиболее типичная ЧС — это пожар.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко М. В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ83	Рябов Виктор Михайлович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит в себе 110 страниц, 34 рисунка, 12 таблиц, 43 литературных источника, 1 приложение.

Ключевые слова: знаки дорожного движения, алгоритм детектирования, распознавание знаков, метод Габора, максимально стабильные экстремальные регионы, искусственная нейронная сеть, сверточная нейронная сеть.

Цель работы: Разработка алгоритма детектирования и распознавания знаков дорожного движения на изображения реальных сцен.

Для того, чтобы достичь поставленной цели нужно решить данные задачи:

1. Исследовать уже действующие алгоритмы, которые используются для распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен.

2. Разработка алгоритма детектирования знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен, который будет обеспечивать высокую устойчивость к разным рода шумам, размытий и различным искажениям.

3. Разработка алгоритма распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен, который обеспечивает высокую устойчивость к разным рода шумам и различным искажениям.

Объект исследования: Алгоритмы обработки изображений и системы, созданные с помощью сверточных нейронных сетей.

Предмет исследования: Применение алгоритмов обработки изображения для обнаружения и нейросетевых алгоритмов для детектирования распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

TSR – (Traffic-sign recognition) распознавание дорожных знаков

GM – General Motors

ПО – Программное обеспечение

СНС – Сверточная нейронная сеть

CNN – (Convolution neural network) сверточная нейронная сеть

MSER – (Maximally stable extremal regions) максимально стабильные экстремальные области

GTSRB – German Traffic Sign Recognition Benchmark

GTSDDB – German Traffic Sign Detection Benchmark

RELU – (Rectified linear unit) выпрямленная линейная функция активации

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	15
1 ТЕОРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ И СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	17
1.1 Обзор действующих систем, применяемых для распознавания знаков дорожного движения.....	17
1.1.1 Общая архитектура существующих систем	17
1.1.2 Opel Eye	18
1.1.3 Speed Limit Assist (Mercedes)	20
1.1.4 Road Sign Information (Volvo)	21
1.1.5 Roadly	23
1.2 Сравнительный аналитический обзор технических характеристик существующих систем распознавания знаков дорожного движения	24
1.3 Сравнительный анализ алгоритмов, применяемых для детектирования и распознавания знаков дорожного движения	25
1.3.1 Обнаружение объектов по цвету.....	26
1.3.2 Обнаружение объекта по форме	29
1.3.3 Метод Максимально Стабильных Экстремальны Областей.....	34
1.3.4 Алгоритм Виолы-Джонса.....	35
1.4 Выбор наиболее подходящего алгоритма для реализации детектирования объектов.....	38
1.5 Распознавание дорожного знака при помощи нейронных сетей	39
1.5.1 Искусственные нейронные сети.....	39
1.5.2 Свёрточные нейронные сети	41
1.6 Знаки дорожного движения.....	43
2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ.....	48
2.1 Общее решение задачи	48
2.2 Обучающая выборка GTSRB.....	48
2.3 Выборка реальных дорожных сцен GTSDB	49
2.4 Программная реализация.....	50
2.4.1 Библиотека Keras	51

2.4.2	Библиотека OpenCV.....	51
2.5	Поиск максимально стабильных экстремальны областей	52
2.6	Обработка изображения фильтрами Габора.....	54
2.7	Реализация сверточной нейронной сети на Keras	56
3	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	58
3.1	Детектирование областей	58
3.2	Распознавание полученных областей	58
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61
4.1	Организация и планирование работ.....	61
4.1.1	Продолжительность этапов работ.....	62
4.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	67
4.2.1	Расчет затрат на материалы.....	67
4.2.2	Расчет заработной платы	67
4.2.3	Расчет отчислений от заработной платы	68
4.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	69
4.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	70
4.2.6	Расчет прочих расходов.....	71
4.2.7	Расчет общей себестоимости разработки	71
4.2.8	Расчет прибыли	72
4.2.9	Расчет НДС.....	72
4.2.10	Цена разработки НИР	72
4.3	Оценка экономической эффективности проекта.....	72
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	74
	Введение	74
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	74
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	74
5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	76
5.2.1	Эргономические требования к рабочему месту	76
5.3	Производственная безопасность	78
5.3.1	Вредные производственные факторы	79
5.4	Экологическая безопасность	89
5.4.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...	89

5.4.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	89
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
5.5.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	90
5.5.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	91
5.6	Выводы	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		94
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ		95
Приложение А		99

ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько десятилетий транспортные средства настолько сильно интегрировались в нашу повседневную жизнь, что сейчас трудно представить жизнедеятельность людей без них.

На сегодняшний день, актуальной задачей является построение систем автоматического предупреждения водителя о дорожной ситуации. Главной задачей таких систем является обнаружение и распознавание знаков дорожного движения. В настоящее время таких алгоритмов разработано огромное количество, но уровень точности и скорости распознавания не всегда дают качественно обнаруживать и распознавать объекты с заданной точностью. Следовательно, проблема - создание такого алгоритма, который быстро и качественно будет распознавать знаки дорожного движения - остается актуальной.

Актуальность задачи распознавания знаков дорожного движения вызвана совершенствованием уровня безопасности на дорогах и автомагистралях, а также предельно высокой значимости информации, которая содержится на знаках дорожного движения.

При применении автоматической системы распознавания крайне важно правильно и своевременно идентифицировать знаки дорожного движения, в транспортном средстве, при движении как в условиях города, так и автомагистрали.

На сегодняшний день для выполнения задачи распознавания разрабатываются и используются коммерческие системы, которые поставляются «в комплекте» с автомобилем. Такие системы являются закрытыми, в частности, компания Opel с системой «Opel Eye», компания Mercedes с системой «Speed limit assist», компания Volvo с системой «Road sign information».

Ранее упомянутые аппаратно-программные комплексы внедряются в автомобильную систему как опция и не могут быть улучшены или модифицированы.

Анализируя предметную область, стало ясно, что существующие системы не до конца решают поставленную задачу. Результативность многих действующих систем резко уменьшается в реальных условиях при наличии разного уровня размытости, шума, плохого освещения и при различных искажениях.

Целью работы является разработка алгоритма детектирования и распознавания знаков дорожного движения.

Для того, чтобы достичь поставленной цели нужно решить данные задачи:

1. Исследовать уже действующие алгоритмы, которые используются для распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен.

2. Разработка алгоритма детектирования знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен, который будет обеспечивать высокую устойчивость к разным рода шумам, размытиям и различным искажениям.

Объектом исследования являются алгоритмы обработки изображений и системы, созданные с помощью сверточных нейронных сетей.

Предметом исследования является применение алгоритмов обработки изображения для обнаружения и нейросетевых алгоритмов для детектирования распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен.

1 ТЕОРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ И СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В данной главе проводится аналитический обзор существующих методов реализации и готовых алгоритмов, которые применяются для детектирования и распознавания знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен. Представлены основные плюсы и минусы существующих алгоритмов. Приведен обзор технических параметров готовых систем распознавания знаков дорожного движения.

1.1 Обзор действующих систем, применяемых для распознавания знаков дорожного движения

1.1.1 Общая архитектура существующих систем

Существующие системы распознавания знаков дорожного движения, в основном, состоят из этих аппаратных и программных модулей:

- Камера или видеорегистратор;
- аппаратный модуль захвата;
- модуль обнаружения;
- модуль идентификации;
- база данных.



Рисунок 1 – Общая архитектура систем

С помощью камеры, изображение поступает на вход системы. Далее какой-либо алгоритм определяет положение знака дорожного движения.

Далее дорожный знак распознается программным модулем идентификации. Назначение базы данных может иметь различную схему, в зависимости от поставленных перед системой задач.

Электронный модуль управления запускает следующий алгоритм работы:

- распознавание формы знаков дорожного движения;
- распознавание цвета знаков дорожного движения;
- распознавание надписи внутри знака дорожного движения;
- распознавание информационной таблички;
- анализ текущей автомобильной скорости;
- сравнение автомобильной скорости с максимально допустимой скоростью;
- предупреждение водителя происходит с помощью звука и визуально.

Изображение в виде дорожного знака выводится на дисплей автомобиля. На дисплее информационной системы данное сообщение остается видимым, пока не закончится ограничение или не будет изменено.

В других конструкциях системы распознавания знаков дорожного движения интегрированы с навигационной системой и сведения о знаках поступают из навигационных карт. Большой плюс если знак дорожного движения не будет определен камерой, информация о нем будет выведена на панель приборов.

1.1.2 Opel Eye

В компании Opel разработчиками была создана камера-система Opel Eye, которая оборудована системами General Motors (GM). Система Traffic Sign Recognition (TSR) распознает знаки «Ограничение скорости», показывая картинку дорожного знака на панели автомобиля, а также записывает изображение в течении небольшого времени.

В видеорегистраторе используется мощный процессор, который дает возможность одновременно выполнять многочисленные операции. Один из главных минусов системы от компании Opel, что она работает только на скоростях превышающие 60 км\ч [1].

На руле существует кнопка, которая включает систему приоритетов и включений функций Traffic Sign Recognition (TSR), которая способна вызвать изображение на панель приборов для оповещения водителя.

Данное устройство включает в себя широкоформатную камеру с высоким разрешением линз и процессорами, которые позволяют работать камере со скоростью 30 кадров в секунду. Широкоформатная камера дает возможность распознать знаки дорожного движения с расстояния в 100 метров. Данная камера находится между лобовым стеклом и зеркалом заднего вида.

Работа системы начинается после фокусировки камеры, в дальнейшем цифры, которые находятся внутри контура дорожного знака идентифицируются. Затем изображение сравнивается с базой данных и если оно совпадет с изображением знака дорожного движения, который хранится в программном обеспечении автомобиля, то знак начинает отображаться на приборной панели.



Рисунок 2 — Результат работы системы Opel Eye

Программный комплекс «Opel Eye» может распознавать следующие знаки дорожного движения:

- Ограничение скорости;
- Обгон запрещен.

Точность распознавания очень резко падает, если дорожный знак наклонен, частично перекрыт или был загрязнен. Общая точность достигает порядка 75%.

1.1.3 Speed Limit Assist (Mercedes)

Камера, установленная на ветровом стекле, постоянно контролирует зону перед автомобилем и внимательно следит за дорожными знаками.

Далее компьютер сканирует изображение с камеры только для круглых поверхностей, а затем выделяет их. На следующем шаге система алгоритмов

фильтрует все объекты, которые повторяют форму круг, но не похожи на дорожные знаки. Наконец, сравнение с сохраненными шаблонами исключает все объекты, кроме тех, которые запрограммированы для обнаружения системой: круглые дорожные знаки, указывающие ограничение скорости.

Символы отправляются на дисплей кабины, что означает, что водитель всегда в курсе текущего ограничения скорости и может соответствующим образом регулировать скорость автомобиля [2].

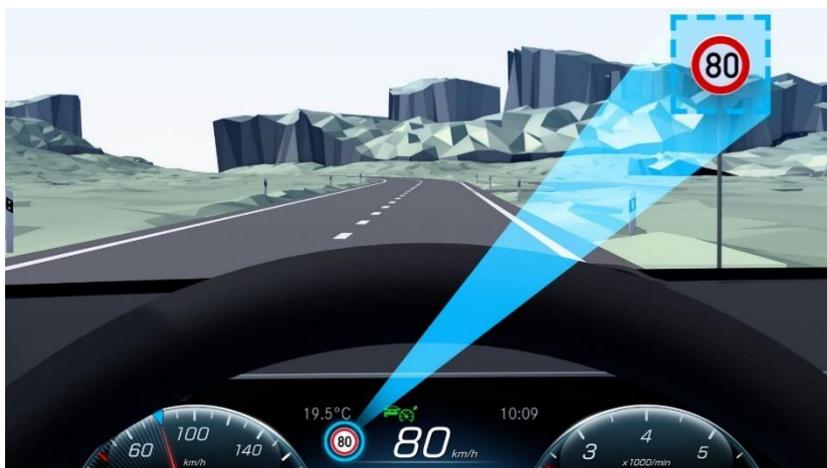


Рисунок 3 – Результат работы системы от компании Mercedes «Speed limit assist»

Система может распознавать знаки:

- Ограничение скорости.

Точность распознавания очень резко падает, если дорожный знак наклонен, частично перекрыт или был загрязнен. Общая точность достигает порядка 70%.

1.1.4 Road Sign Information (Volvo)

Данная система распознавания помогает водителю не забыть о тех дорожных знаках, которые он уже проехал. Может показывать знаки «Обгон запрещен» и «Ограничения скорости» одновременно, а также показывать знак «Автомагистраль» и «Дорога для автомобилей». Если на дороге стоит знак

«Ограничение скорости», при обнаружении системой этого знака, на шкалу скорости ставится ограничение.

А также запрещающие знаки перестают упоминаться на панели при обнаружении знака «Конец ограничений». Стоит заметить, что иногда происходят ложные срабатывания.

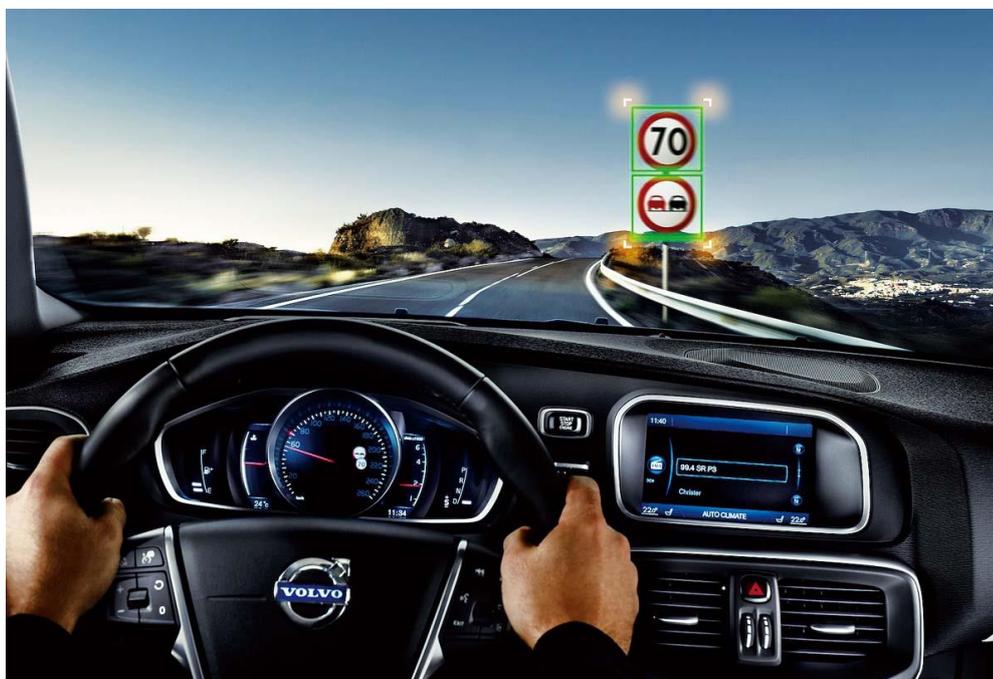


Рисунок 4 – Результат работы системы от компании Volvo «Road Sign Information»

Система может обнаружить следующие знаки дорожного движения:

- Ограничение скорости;
- Обгон запрещён;
- Информационные таблички;
- Конец всех ограничений;
- Автомагистраль.

Точность распознавания очень резко падает, если дорожный знак наклонен, частично перекрыт, был загрязнен или его повороте [3].

1.1.5 Roadly

В данное приложение внедрены функции видеорегистратора, распознавания знаков дорожного движения, предупреждения о зоне их действия, и антирадар, который предупреждает о камерах.

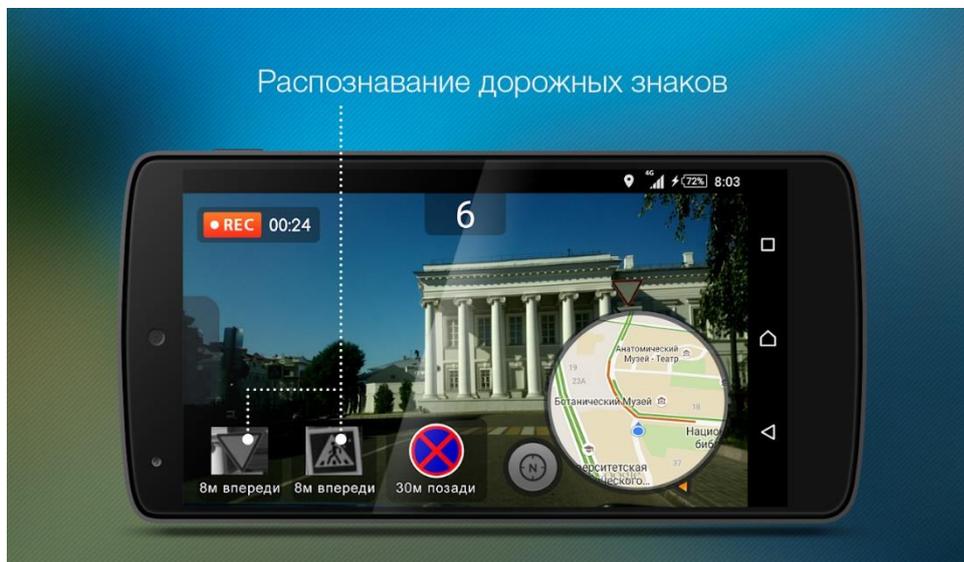


Рисунок 5 – Результат работы системы Roadly

Главная идея этого приложения, что все распознанные на устройстве знаки дорожного движения отправляются в общую базу данных, которые потом попадают к другим водителям. Следственно, чем больше водителей, которых установило приложение и пользуется – тем больше и актуальнее база данных.

В версии приложения, которая доступна на данный, добавлена возможность распознавать следующие знаки:

- Ограничения скорости;
- Обгон запрещен;
- Остановка запрещена;
- Стоянка запрещена;
- Пешеходный переход;
- Знаки, предписывающие проезд перекрестков;
- Предупреждающие знаки;

- Уступи дорогу.

В приложении написано, что распознавание других знаков дорожного движения будет добавлено в следующих версиях. [4]

1.2 Сравнительный аналитический обзор технических характеристик существующих систем распознавания знаков дорожного движения

В таблице 1 приведен сравнительный анализ существующих систем, которые распознают дорожные знаки.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики

	Opel Eye	Speed limits assist	Road sign information	Roadly
Точность распознавания	90%	95%	96%	95%
Распознавание знаков ограничение скорости	+	+	+	+
Распознавание других запрещающих знаков	+	-	+	+
Дополнительная информация	Работает только на скорости >60км\ч			Можно установить на смартфон

Из таблицы видно, что только приложение Roadly является устанавливаемой системой, а все остальные встроенные. Из этого можно сделать вывод, что коммерческая стоимость становится слишком высокой.

Такие системы имеют невысокий процент точности распознавания, которая падает, если знаки дорожного движения наклонены, частично

перекрыты, загрязнены или повернуты. Надежно распознаются лишь чистые знаки с высокой контрастностью.

Алгоритмы обнаружения и распознавания знаков дорожного движения, которые используются в коммерческих системах не публикуются. Можно предположить, что для распознавания используются шаблонные алгоритмы.

Актуально разработать метод детектирования и распознавания знаков дорожного движения, который повысит точность распознавания, что актуально при:

- наклонном закреплении пластин знака;
- маневрировании автомобиля в зоне контроля;
- высокой скорости движения автомобиля в зоне контроля;
- использовании системы при движении по крайней левой полосе

1.3 Сравнительный анализ алгоритмов, применяемых для детектирования и распознавания знаков дорожного движения

В настоящее время одно из самых развивающихся областей является распознавание знаков дорожного движения. Однако существует ряд нерешенных сложностей, которые снижают эффективность работы современных методов.

Выбрать наилучший метод распознавания дорожных знаков довольно затруднительно, т.к. имеется множество факторов, которые влияют на точность распознавания. Среди основных, которые больше всего влияют на точность распознавания относятся следующие:

- Изображения могут иметь низкое разрешение;
- На изображениях может быть сложный, неоднородный по цвету и фактуре фон;
- Объекты на изображениях могут быть представлены при различном ракурсе, что создает визуальные геометрические и фотометрические искажения;

- На изображениях может быть множество искомых объектов, количество которых заранее не известно [5], [6].

Чтобы устранить сложности, которые упоминаются выше, требуется применение дополнительной предобработки, что увеличивает вычислительную сложность системы. Следовательно, можно сделать вывод, что сегодня существует необходимость в реализации различных алгоритмов и методов, которые смогут позволить снизить влияние сложностей, которые были раньше упомянуты на процесс распознавания [7].

Распознавание знаков дорожного движения на изображениях реальных сцен можно разделить на два основных этапа

- Детектирование области расположения дорожного знака на изображении;
- Распознавание дорожного знака.

1.3.1 Обнаружение объектов по цвету

Основная концепция алгоритма заключается в поиске объекта по цвету. Так как знаки дорожного движения имеют только несколько цветов, а большинство только красного и синего, оставшееся небольшое количество знаков дорожного движения имеют другие цвета.

Далее рассмотрим последовательность действий алгоритма, чтобы выявить его плюсы и минусы. В самом начале берем изображение, представленное цветовом пространстве RGB.

Предполагается, что на нем есть изображенные дорожные знаки. Следовательно, что для обнаружения знака дорожного движения на изображении по цвету нам потребуется обработать 3 составляющие, такие как матрицы M на N для каждого цвета $-M \times N \times 3$, а это значит, что будет требоваться больше вычислительных мощностей. Стоит отдельно отметить, что изменение одной из составляющих, в цветовом пространстве, влияет на

значения других составляющих, то есть, изменение G влияет на значения R и B .

HSB (Hue, Saturation, Brightness — тон, насыщенность, яркость) — цветовая модель:

- Hue цветовой тон, (например, желтый, красный или голубой). Варьируется в пределах «0-360°», а так же иногда приводится к диапазону значений «0-100» или «0-1».

- Saturation — насыщенность. Варьируется в пределах «0-100» или «0-1». Чем больше этот параметр, тем «чище» цвет, поэтому. А чем ближе этот параметр к нулю, тем ближе цвет к нейтральному серому.

- Brightness (яркость). Также задаётся в пределах «0-100» и «0-1».

Следует отметить, что устройство модели HSV является наиболее близким к человеческому восприятию цветов.

Пусть MAX - максимальное значение из R, G, B , а MIN - минимальное из них.:

$$H = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = MIN \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0, \text{ если } MAX = R \text{ и } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360, \text{ если } MAX = R \text{ и } G < B \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 120, \text{ если } MAX = G \\ 60 \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 240, \text{ если } MAX = B \end{cases}, (1)$$

$$S = \begin{cases} 0, \text{ если } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, \text{ иначе} \end{cases}, (2)$$

$$B = MAX, (3)$$

После перевода из одно цветовой модели в другую знаем диапазоны значений HSB цвета знака при разных видах освещенных (день, вечер, ночь).

Например, если изучить данные из интернета мы можем увидеть, что значения оттенков красного цвета на знаке находится в диапазонах, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Диапазоны красного цвета

	Ясно	Дождь	Вечер	Ночь
HSV	$300 < H < 360$	$300 < H < 360$	$300 < H < 360$	$22 < H < 360$
	$0.7 < S < 1$	$0.7 < S < 1$	$0.7 < S < 1$	$0.7 < S < 1$
	$0.5 < V < 1$	$0.5 < V < 1$	$0.5 < V < 1$	$0.5 < V < 1$

Поиск знаков дорожного движения происходит путем осуществления проверкой каждого пикселя на изображении, следующий шаг является подстановкой значения пикселя в промежутки, которые можно увидеть в таблице 2. После подстановки пикселя в промежуток сравниваются условия и если они соблюдаются, то пиксель становится белого цвета, если же нет, то черного. После того, как завершится задача проверки абсолютно всех пикселей, изображение станет черно белым и в частности будут выделены только контуры знаков дорожного движения [8], [9].

Плюсы данного подхода:

- простота реализации;
- низкая нагрузка на устройство, с помощью которого производят вычисления;
- устойчивость к смене погодных условий;
- адаптация алгоритма под все существующие классы дорожных знаков.

Минусы данного подхода:

- обнаружение всех дорожных знаков на изображении, подходящих под определенный цвет, даже если этого не требуется;
- обнаружение других объектов, цвет которых схож с цветом дорожных знаков;

– выгорание (износ) или загрязнение покрытия дорожного знака могут повлиять на результат работы.

1.3.2 Обнаружение объекта по форме

Данные методы будут наиболее актуальны для знаков дорожного движения, благодаря форме самих знаков. Они состоят из простых примитивов такие как:

- круг;
- треугольник;
- квадрат;
- прямоугольник.

На первом этапе получаем изображение и подготавливаем его. Подготовка заключается в том, чтобы перевести изображения из цветного в изображения в градациях серого и выделении границы объектов.

В дальнейшем производится поиск контуров, которые являются замкнутыми, для того чтобы среди них найти контуры, которые напоминающие фигуру.

На заключительном этапе происходит отбор удовлетворяющих контуров поставленным условиям. Кроме частных случаев трудно найти детектор границ, который работал бы существенно лучше, чем детектор Кэнни. Задачей Кэнни была разработка оптимального алгоритма детектирования границ, который бы удовлетворял следующим требованиям:

- Высокий уровень обнаружение границ;
- Локализация, удовлетворяющая всем условиям (точное нахождение положение границы);
- На границу только один отклик.

Из этих требований вычислялась целевая функция стоимости ошибок, которая минимизировала для нахождения оптимальный линейный оператор для создания свертки изображения.

1.3.2.1 Детектор границ Канни

Одним из лучших детекторов границ в настоящее время является Детектор Кэнни.

Алгоритм детектора границ Кэнни выполняет не только вычисление градиента сглаженного фильтром Гаусса изображения. В контуре границы удаляются локально не максимальные точки, лежащие рядом с границей.

В алгоритме Кэнни используется информация о направлении границы для того, чтобы не задействовать или убирать точки. Которые находятся непосредственно рядом с границей, делается это для того, что бы непосредственно не разорвать границу вблизи градиентов локальных максимумов. Далее с использованием пороговой фильтрации удаляются слабые границы, а фрагмент границы во время фильтрации обрабатывается как целое.

В случае, если значение градиента на каком-либо найденном фрагменте верхний порог будет превышен, то тогда этот фрагмент остается также «допустимой» границей и в тех местах, где значение градиента падает ниже этого порога, до тех пор, пока она не станет ниже нижнего порога.

Если получится так, что если на всем фрагменте нет значения больше точки верхнего порога, то он убирается. Такие действия позволяют существенно снизить число разрывов в выходных границах.

Если включить в алгоритм Кэнни шумоподавление – это повысит устойчивость результатов, но в тоже время увеличит вычислительные затраты, а также приведет к искажению и возможной потере информации границ. С помощью такого алгоритма осуществляется скругление углов на объектах и разрушаются границы в точках соединений [10].

1.3.2.2 Фильтр Габор

Фильтр Габор — линейный электронный фильтр, которые определяется характеристикой гармонической функции, умноженной на гауссиан. В момент применения цифровой обработки на изображение данный фильтр применяется для распознавания границ объектов.

Зрительная система человека состоит из банков фильтров. Функции Габор, с различными ориентациями и масштабами, могут моделировать отклики соответствующих фильтров людей. Обнаружено, что функции Габор особенно эффективны для идентификации и представления текстур. Эта характеристика фильтра Габор применяется для обнаружения объектов, распознавания отпечатков пальцев, распознавания выражений лица, сегментации изображений и т. д.

Существуют определенные параметры, которые управляют тем, каким будет фильтр Габор и на какие функции он будет реагировать. 2D-фильтр Габор можно рассматривать как синусоидальный сигнал определенной частоты и ориентации, модулированный гауссовой волной [11].

Фильтр имеет действительную и мнимую составляющие, представляющие ортогональные направления. Два компонента могут быть сформированы в комплексное число или использованы по отдельности.

Содержит в себе:

λ - длина волны синусоидальной составляющей.

Θ - Ориентация нормали к параллельным полосам функции Габор.

Ψ - Сдвиг фазы синусоидальной функции.

σ - сигма / стандартное отклонение огибающей Гаусса

γ - Пространственное соотношение сторон и указывает эллиптичность поддержки функции Габор.

Лямбда (λ) - Длина волны определяет ширину полос функции Габор. Увеличение длины волны дает более толстые полосы, а уменьшение длины

волны - более тонкие полосы. При сохранении других параметров без изменений и изменении лямбды до 60 и 100 полосы становятся толще.

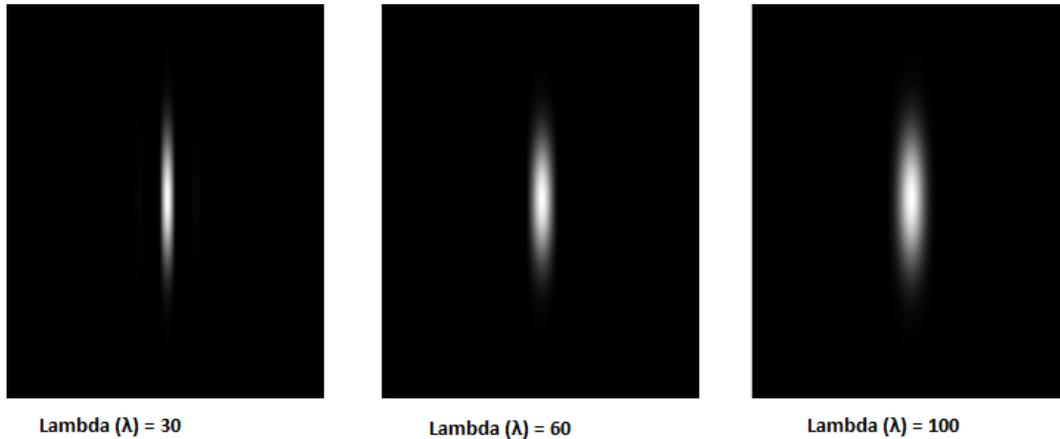


Рисунок 6 – Сохранение других параметров без изменений ($\Theta = 00$, $\gamma = 0.25$, $\sigma = 10$, $\Psi = 0$), а при изменении лямбды от 30 до 60 и 100 функция Габора становится толще.

Тета (Θ) - Тета контролирует ориентацию функции Габора. Тета нулевой степени соответствует вертикальному положению функции Габора.

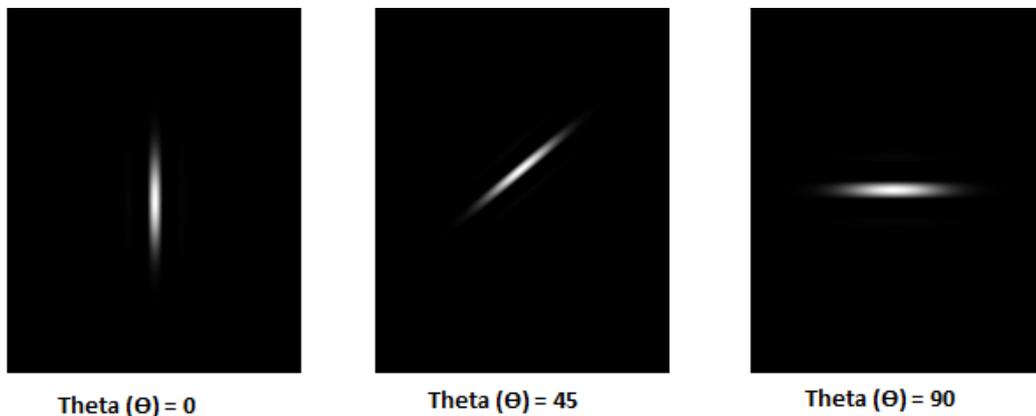


Рисунок 7 – Сохранение других параметров без изменений ($\lambda = 30$, $\gamma = 0,25$, $\sigma = 10$, $\Psi = 0$), а при изменении тета от 0 до 45 и 90 функция Габора вращается.

Гамма (γ) - Соотношение сторон или гамма контролируют высоту функции Габора. При очень высоком аспектном соотношении высота становится очень маленькой, а при очень малых значениях гаммы высота

становится довольно большой. При увеличении значения гаммы до 0,5 и 0,75 при сохранении других параметров без изменений высота функции Габора уменьшается.

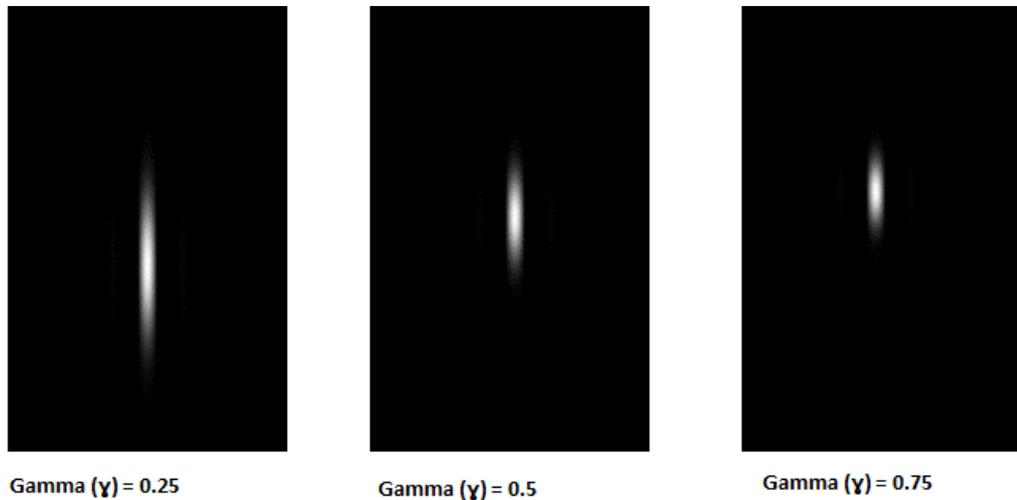


Рисунок 8 – Сохранение других параметров без изменений ($\lambda = 30$, $\Theta = 00$, $\sigma = 10$, $\Psi = 0$), а при изменении гаммы от 0,25 до 0,5 и 0,75 функция Габора становится короче.

Сигма (σ) - Полоса пропускания или сигма контролирует общий размер конверта Габора. Для большей полосы пропускания увеличение огибающей, позволяющее получить больше полос, а при небольшой полосе пропускания огибающая сжимается. При увеличении сигмы до 30 и 45 число полос в функции Габора увеличивается.

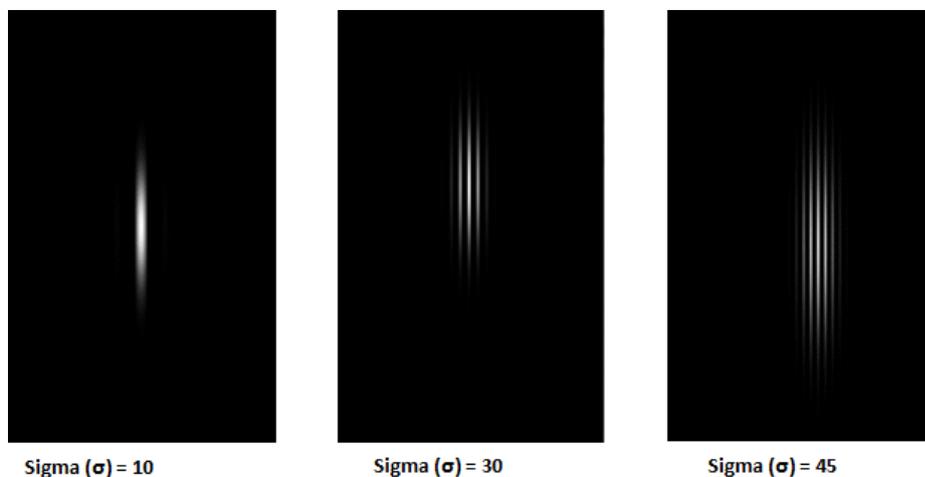


Рисунок 9 – Сохранение других параметров без изменений ($\lambda = 30$, $\Theta = 00$ $\gamma = 0,25$, $\Psi = 0$), а при изменении сигмы от 10 до 30 и 45 число полос в функции Габо́ра увеличивается.

1.3.3 Метод Максимально Стабильных Экстремальны Областей

Наибольшее распространение алгоритм MSER получил как метод нахождения и обнаружения регионов, а так же, как часть компьютерного зрения решает задачи по поиску и созданию дескрипторов.

Работа метода состоит в том, что он находит определенное число пикселей, который в свою очередь являются линейными, что означает первую сортировку интенсивности пикселей. Сортировка прошла и пиксели, список интенсивности и совмещённые соединенные компоненты, и их области сохраняются используя систему непересекающихся множеств. Данные операции происходят почти многократно. Структура данных, которая должна производиться в течении процесса сохраняет область каждого соединённого компонента как функцию интенсивности. Окончание существования меньших компонент, подразумевает соединение двух компонент, то есть из меньшего в больший.

Основные плюсы данного алгоритма:

- инвариантен к аффинным преобразованиям;
- устойчивый к бинаризации с различным порогом участков изображения;
- эффективно реализуется при помощи системы непересекающихся множеств [12, [13].

Из основных минусов данного алгоритма можно выделить независимость к масштабу, а также функция разреженности.

Регионы, которые были найдены с помощью алгоритма обладают свойствами:

- Области рассматриваются только в выбранном диапазоне экстремумов.

- Мультимасштаб, нахождение разных участков структур малых и больших.

В алгоритме MSER, аффинные преобразования реализуются в полном объеме [14].

Перечисление и подсчет максимально стабильных экстремальных регионов происходит следующим образом. В самом начале происходит пиксельная сортировка по интенсивности. Далее, Пиксели перемещаются в изображение, после попиксельной сортировки, а система непересекающихся множеств поддерживает список связанных компонент и их площади. Сложность реализации системы непересекающихся множеств является линейной.

В процессе работы функция интенсивности сохраняется структура каждого компонента, тем самым создавая структуру.

В самом конце пороги, создающие MSER выбираются как уровни интенсивности, являющиеся локальными минимумами скорости изменения функции площади. [15],[16].

Выбор конкретного устойчивого порога в оригинальном алгоритме не прописан, поэтому такая задача лежит на программисте.

1.3.4 Алгоритм Виолы-Джонса

Алгоритм Виолы-Джонса – является один из наиболее популярных алгоритмов, который позволяет с высокой скоростью найти обнаружить области объектов на изображениях и сразу же определить к какому классу принадлежит данный объект. Главной задачей алгоритма Виолы-Джонса является обнаружении лиц, но он часто используется при распознавании многих других классов объектов.

При создании алгоритма Виолы-Джонса основной идеей было выделение признаков (локальных особенностей) изображения и последующего обучения алгоритма на этих признаках.

Алгоритм использует локальные особенности, которые выполняют суммирование пикселей из прямоугольных областей изображения. Признаки, использованные Виолой и Джонсом, содержат множество прямоугольных областей. Для примера на рисунке 10 показаны прямоугольные признаки, которые используются в алгоритме Виолы-Джонса, которые называются примитивами Хаара.

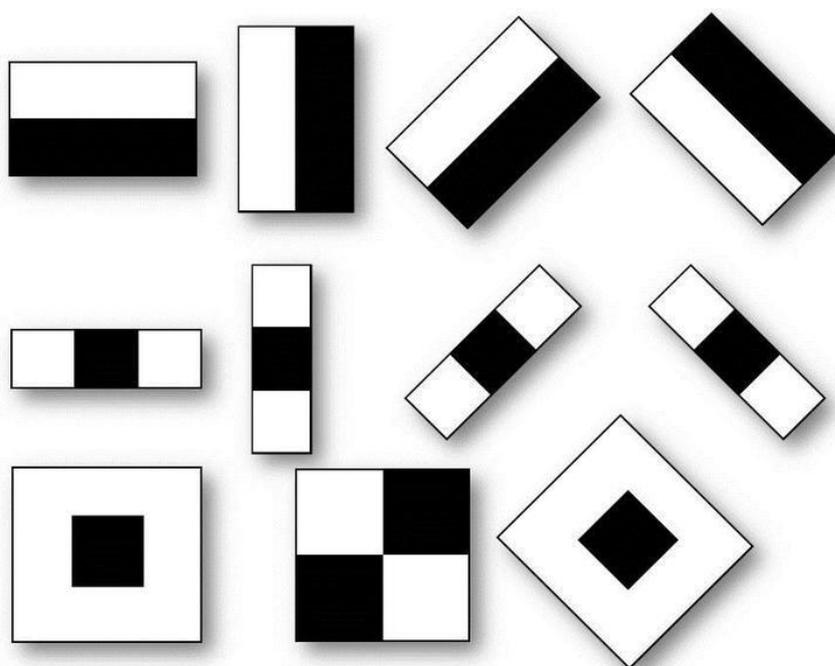


Рисунок 10 – Прямоугольные признаки Хаара

Значения прямоугольных признаков Хаара вычисляются вычитанием суммы пикселей в белых прямоугольниках из суммы пикселей черных прямоугольниках. Несмотря на чувствительности прямоугольных особенностям изображения, такие как горизонтальные и вертикальные, они весьма примитивны, и результат их поиска прост и груб. Но все же если изображение сохраняется в интегральном формате, то есть во всех пикселях

изображения хранится сумма всех соседних пикселей, которые находятся выше и слева, за константное время происходит проверка признаков на прямоугольные области, что несомненно является преимуществом [17].

Каждая область в используемых признаках всегда граничит с другими прямоугольными областями, поэтому расчет данных этого признака с двумя прямоугольниками состоит из шести обращений в интегральный массив, а для другого признака с четырьмя прямоугольниками из девяти обращений.

Для алгоритма Виолы-Джонса можно выделить следующие достоинства:

- возможно обнаружение достаточно большого количества объектов на исходном изображении;
- высокая скорость обнаружения с помощью использования простых классификаторов объектов в течении работы алгоритма поиска;
- возможность обучить нахождение алгоритма любых объектов;
- возможен не только поиск дорожных знаков на исходном изображении, но и их распознавание.

Среди недостатков алгоритма Виолы-Джонса выделяется:

- Сложность реализации;
- Продолжительное время обучения. Во время обучения алгоритму требуется проанализировать большое количество изображений, на которых есть нужный объект (позитивная выборка) и на которых нет нужного объекта, при этом изображения без объекта (негативная выборка) должны быть сделаны в той же среде, что и примеры с объектом;
- Большое количество близко расположенных друг к другу результатов из-за применения различных масштабов.

1.4 Выбор наиболее подходящего алгоритма для реализации детектирования объектов

Чтобы водителям было легче читать и распознавать дорожные знаки, они часто имеют определенную форму и цвет с символами внутри, так что между дорожными знаками и фоном существует существенная разница.

Например, дорожный знак ограничения скорости 60 имеет круглую форму с сильным числом «60». Эти функции также являются важной информацией для систем распознавания дорожных знаков.

Однако распознавание дорожных знаков - непростая задача, поскольку существует много неблагоприятных факторов, таких как плохая погода, изменение точки зрения, физический ущерб и т. д.

Сложности в этой области, с которыми столкнулись, заключались в следующем. Поскольку красное, зеленое, синее изображение (RGB) слишком чувствительно к освещению, алгоритмы преобразования цветового пространства часто применяются для обнаружения дорожных знаков.

Хотя один и тот же вид дорожных знаков имеет некоторую однородность цвета, в условиях окружающей среды на цвет дорожных знаков большое влияние оказывает освещение и направление света. Поэтому информация о цвете не является полностью надежной.

Поскольку установленные на транспортных средствах камеры не всегда перпендикулярны дорожным знакам, а форма дорожных знаков часто искажается на дорожных сценах, информация о форме дорожных знаков больше не является полностью надежной.

Дорожные знаки в некоторых дорожных сценах часто скрыты зданиями, деревьями и другими транспортными средствами; поэтому нам нужно было распознать дорожные знаки с неполной информацией.

Изменение цвета дорожных знаков, повреждение дорожных знаков, дождь, снег, туман и другие проблемы также рассматриваются как проблемы в процессе обнаружения дорожных знаков.

А также выход алгоритма Канни представлял собой двоичное изображение, которое могло привести к большой потере информации об изображении и не могло обеспечить достаточные характеристики обнаружения и классификации.

Проведя анализ полученной информации, пришли к выводу, что для решения задачи поиска знаков дорожного движения целесообразнее всего использовать вместе два алгоритма, а именно поиск по форме, с помощью фильтра Габора и метода максимально стабильных экстремальных регионов.

1.5 Распознавание дорожного знака при помощи нейронных сетей

1.5.1 Искусственные нейронные сети

На сегодняшний день существует огромное количество нейросетевых областей, которые были созданы для решения задач распознавания объектов на изображениях. Решение этих задач привело к возникновению трудностей, которые связаны с образами объектов их подтверждением и разного рода искажениям:

- повороты;
- шум;
- смещения;
- изменение размера.

Можно сказать, что во многих случаях такую сложность можно избежать благодаря правильному выбору нейросетевой архитектуры и её способа обучения.

После исследования множества работ, связанных с этой проблемой, был сделан вывод, что на сегодняшний момент не существует идеальной модели, которая могла бы быть не чувствительна ко всем 4 видам искажений, описанным выше.

Искусственная нейронная сеть — математическая модель, а также её программная реализация, которая создана по принципу функционирования

биологических нейронных сетей, а именно сетей нервных клеток живого организма. Такие понятия возникли при попытке смоделировать эти процессы, после изучения процессов, которые протекают в человеческом мозге.

После того, как алгоритм обучения был разработан, получаемые модели стали использоваться в задачах прогнозирования, распознавания образов, управления и др. [18], [19].

На рисунке 11 приведен пример строения нейронной сети.

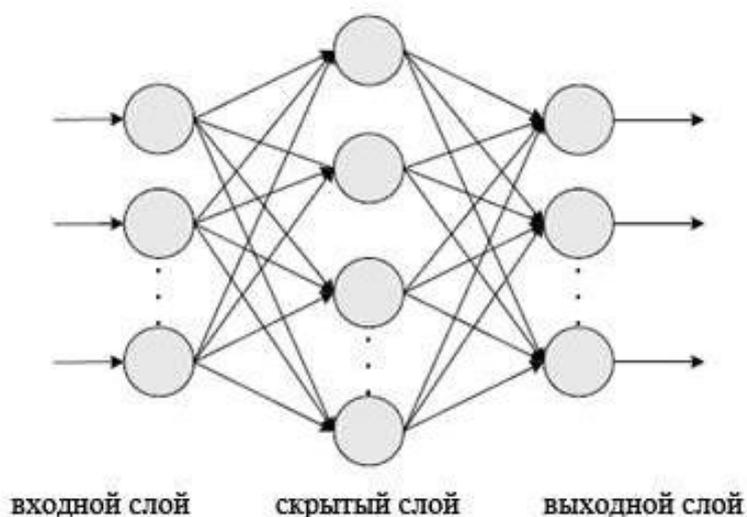


Рисунок 11 – Строение нейронной сети

Существующие плюсы ИНС:

- высокие классифицирующие способности;
- высокая скорость работы;
- обучение по базе данных изображений.

Из минусов можно выделить:

- трудоемкий и долгий процесс выбора архитектуры ИНС;
- большое количество слоёв, нейронов и весовых коэффициентов;
- долгий и сложный процесс обучения, возможно до переобучения;

Трудность задачи заключается в том, что на изображениях реальных сцен дорожные знаки могут быть подвержены искажениям, размыты или быть

зашумлены, а также знак может быть повернут, может быть грязным или даже деформирован. Обычная ИНС очень чувствительная к подобным искажениям.

В дополнение к вышесказанному следует упомянуть, что изображения, полученные с камеры, состоят из большого количества пикселей, из-за этого размер ИНС будет возрастать, из этого следует, что и всех ее составляющих. Следовательно будет увеличиваться сложность вычислений и ресурсоемкость при обучении и время работы [20].

Исходя из проведенного анализа, мы видим все существующие недостатки классических искусственных нейронных сетей, поэтому следует использовать свёрточные нейронные сети, которые имеют такие преимущества:

- устойчивость к смещениям;
- устойчивость к искажению входного сигнала;
- устойчивость к поворотам;
- устойчивость к изменению масштаба и др

1.5.2 Свёрточные нейронные сети

Свёрточная нейронная сеть (англ. convolutional neural network, CNN) — специальная архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная Яном Лекуном и нацеленная на эффективное распознавание изображений, входит в состав технологий глубокого обучения (англ. deep learning).

Данная технология опирается на аналогии зрительной оры головного мозга и его принципами работы, в которой были открыты простые клетки, которые реагируют на прямые линии под разными углами, и сложные клетки, которые реагируют на активацию определённого набора простых клеток.

Исходя из этого, идея свёрточных нейронных сетей заключается в том, что чередуются сверточным слою и слою подвыборки (англ. convolution layers) (англ. subsampling layers).

Архитектура данной сети представлена на рисунке 12.

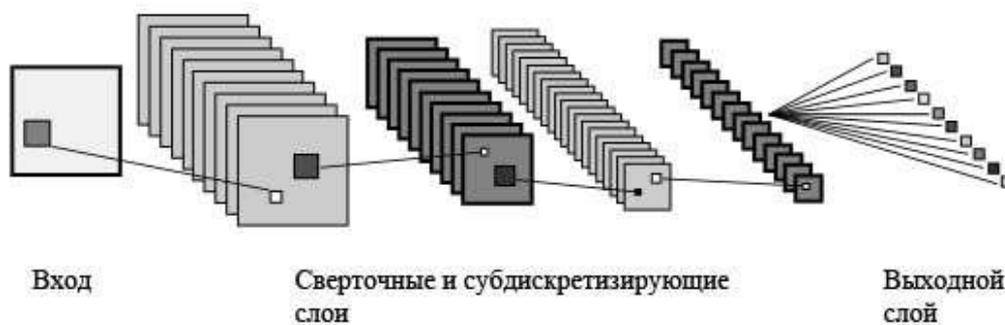


Рисунок 12 – Строение свёрточной нейронной сети

Одним из важных моментов в изучении свёрточных нейронных сетей является определение «разделяемых» весов, то есть определённая часть нейронов одного из изучаемых слоев нейронной сети может использовать одинаковые весовые коэффициенты. Такие нейроны использующие одинаковые веса, после нахождения, объединяются в карты признаков, а каждый из нейронов, связан с частью нейронов предыдущего слоя из-за входящий карт признаков.

Во время вычисления сети каждый нейрон выполняет свертку определенной области предыдущего слоя, который определяется множеством нейронов, связанных с данным нейроном. Слои свёрточной нейронной сети, построенные по данному принципу, называются свёрточными слоями.

В свёрточной нейронной сети, помимо свёрточных слоев могут быть слои подвыборки, которые выполняют функции уменьшения размерности пространства карт признаков, а также полносвязные слои, в которых выходной слой, как правило, всегда полносвязный [21].

На рисунке 13 представлен наглядный принцип работы свёрточной нейронной сети, задачей которой было распознавание знаков дорожного движения.

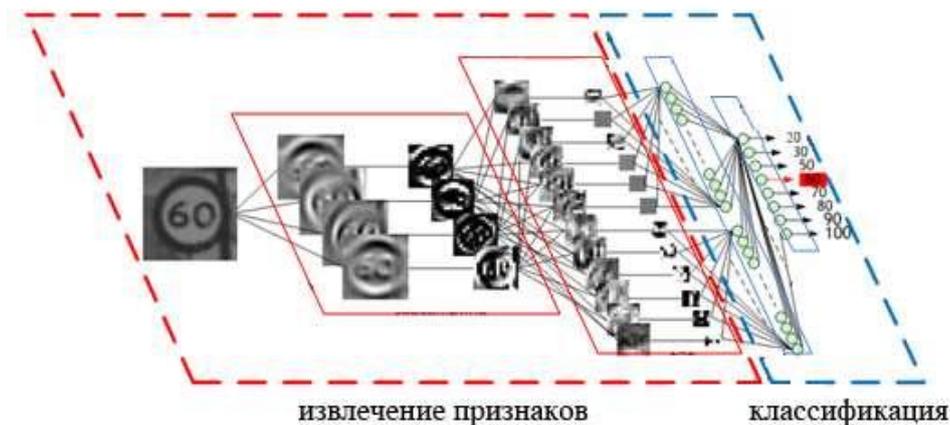


Рисунок 13 – Распознавание знака дорожного движения при помощи свёрточной нейронной сети

1.6 Знаки дорожного движения

Дорожные знаки Российской Федерации соответствуют Венской конвенции о дорожных знаках и сигналах и разделены на 8 групп, которые описывают отдельный тип [22]:

- запрещающие знаки;
- предупреждающие знаки;
- предписывающие знаки;
- знаки приоритета;
- знаки особых предписаний;
- знаки дополнительной информации (таблички);
- информационные знаки;
- знаки сервиса.

Запрещающие знаки дорожного движения ограничивают водителю выполнять определенные действия. Самые частые знаки дорожного движения, которые встречаются из этой группы на автодорогах общего пользования и автострадах запрет обгона, въезда, стоянки и остановки, поворота, а также ограничение скорости.



Рисунок 14 – Запрещающие знаки дорожного движения

Самыми полезными знаками дорожного движения являются предупреждающие. Из-за того, что данные знаки дорожного движения не запрещают и не ограничивают ничего, поэтому их требования нельзя нарушить.

Эти знаки дорожного движения предупреждают водителей о возможных опасностях и заранее предостерегают их от дорожно-транспортных происшествий. Устанавливаются предупреждающие знаки дорожного движения обычно на опасных участках дорог и их очень просто отличить от всех остальных категорий знаков. Почти все предупреждающие знаки дорожного движения имеют форму красного треугольника, который хороший виден издали.

Знаки дорожного движения «Приближение к железнодорожному переезду» и «Направление поворота», являются исключением и имеют отличную форму от других.

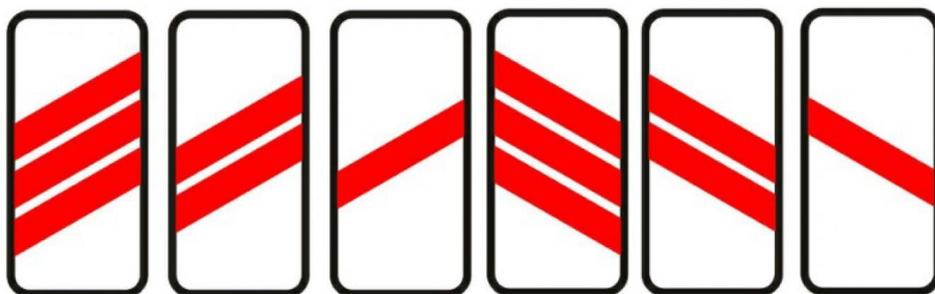


Рисунок 15 – Знаки дорожного движения приближения к железнодорожному переезду

Все остальные предупреждающие знаки выполнены в виде треугольников.



Рисунок 16 – Предупреждающие знаки дорожного движения

Предписывающие знаки дорожного движения оповещают водителя о единственно верном действии, в зависимости от ситуации, к примеру, поворот направо или движение по велосипедной дорожке или движение только прямо.

Такие знаки позволяют выполнять только определенные действия только определенным участникам дорожного движения.



Рисунок 17 – Предписывающие знаки дорожного движения

Знаки приоритета, определяет в каком порядке водители транспортных средств проедут перекресток, узкие участки дороги, отдельные проезжие части.

Знаки особых предписаний сочетают в себе элементы двух категорий знаков, такие как запрещающие и предписывающие. К примеру, можно привести дорожный знак особого предписания» «Пешеходных переход», который разрешает переход в дороги пешеходу в указанной части и

ограничивает скорость на данном участке. Дорожный знак «Жилая зона» также сочетает в себе элементы из двух категорий



Рисунок 18 – Знаки «пешеходный переход» и «жилая зона»

Для разъяснения знаков дорожного движения из других категорий используются знаки дополнительной информации. Например, знак «Влажное покрытие» информирует о том, что категория знаков, которая находится выше, будет исполняться только в период времени, когда идут осадки и поверхность дороги мокрая.



Рисунок 19 – Знак «влажное покрытие»

Знаки сервиса и информационные знаки можно объединить в общую группу.



Рисунок 20 – Информационные и знаки сервиса

Существенное влияние на дорожную ситуацию оказывают именно первые пять категорий знаков дорожного движения. Значит, что существенно всего распознавать именно эти категории знаков.

Наибольшую важность из первых пяти групп составляют запрещающие знаки дорожного движения, например, «Остановка запрещена» или «Ограничение скорости». По статистике игнорирование запрещающих знаков дорожного движения, наиболее часто приводят к дорожно-транспортным происшествиям.

2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

2.1 Общее решение задачи

Процесс решения задачи связанное с детектирование и распознаванием дорожных знаков. в общем виде, можно увидеть на рисунке 21.

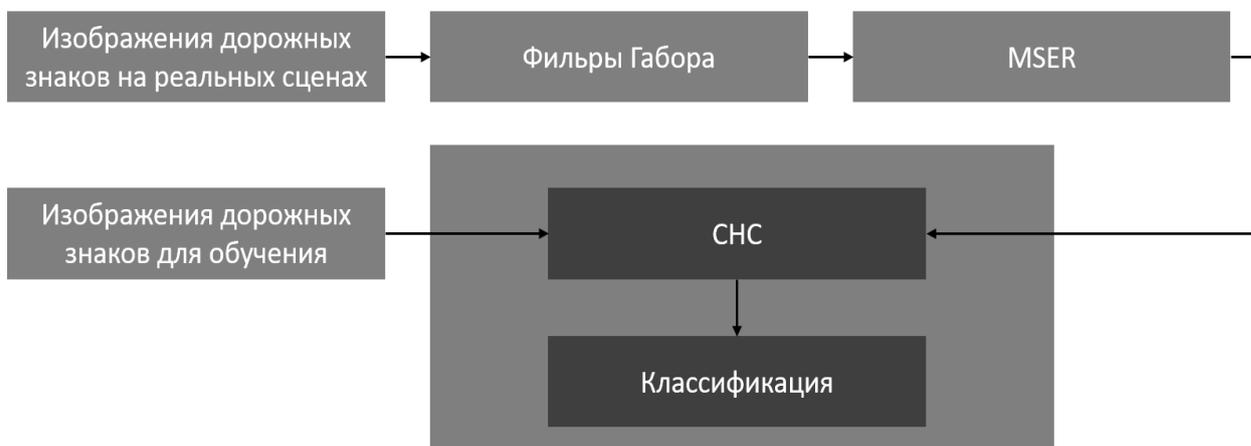


Рисунок 21– Схема работы алгоритмов

На рисунке 21 представлена схема работы алгоритмов. Мы видим, что изображения из выборки GTSRB подаются на сверточную нейронную сеть для обучения и тестирования. База данных состоит из 43 классов дорожных знаков. Другая выборка GTSDB подается последовательно на два алгоритма и после их работы детектируемые области подаются на обученную СНС для распознавания.

2.2 Обучающая выборка GTSRB

В качестве одного из наборов, данных для обучения и тестирования сети будет использоваться база изображений немецких дорожных знаков GTSRB [23]. Изображения из данного набора были уменьшены в размерности до 28×28 пикселей.

Данный набор разбит на две части: тренировочную и тестовую выборки состоящих из около 40000 и 12000 изображений соответственно.

Набор данных для тестирования содержит 12000 изображений, которые не принимают участия в обучении сверточной нейронной сети.

На рисунке 22 показаны изображения дорожных знаков, содержащихся в обучающем наборе.



Рисунок 22 – Типы дорожных знаков

2.3 Выборка реальных дорожных сцен GTSDDB

Другой набор данных для обучения сети – это база данных немецких дорожных знаков GTSDDB, которая содержит изображения реальных сцен [23]. Он включает 900 изображений, из которых треть из них предназначена для проверки обнаружения дорожных знаков и для обучения этих систем.

Данный набор данных будет использован в алгоритмах, которые описаны ниже



Рисунок 23– Пример изображений из выборки

2.4 Программная реализация

В настоящее время существует огромное количество языков программирования, а также программных библиотек для работы с искусственными нейронными сетями (ИНС) и генетическими алгоритмами (ГА), реализованных на различных языках программирования, таких как C++, C#, Python и др. В качестве инструмента для решения задач, и реализации алгоритмов выбран язык программирования Python.

Python — высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода. Синтаксис ядра Python минималистичен. В то же время стандартная библиотека включает большой объём полезных функций.

Python поддерживает структурное, объектно-ориентированное, функциональное, императивное и аспектно-ориентированное программирование. Основные архитектурные черты – динамическая типизация, автоматическое управление памятью, полная интроспекция, механизм обработки исключений, поддержка многопоточных вычислений, высокоуровневые структуры данных. Поддерживается разбиение программ на модули, которые, в свою очередь, могут объединяться в пакеты [].

Для реализации программного продукта был выбран интерпретатор Anaconda Python версии 3.6 и среда разработки «Spyder». Достоинствами данной среды являются простота установки, так как устанавливается вместе с Anaconda, также она является свободно распространяемой.

Так же средой для разработки был Google Colaboratory. Это облачный сервис, направленный на упрощение исследований в области машинного и глубокого обучения. Используя Colaboratory, можно получить удаленный доступ к машине с подключенной видеокартой (NVidia Tesla K80), причем совершенно бесплатно. Это и является огромным плюсом использования данной среды разработки, а также монтировать Гугл-диск в файловую систему

виртуальной машины: после этого можно использовать свой Гугл-диск как обычный каталог.

2.4.1 Библиотека Keras

Для решения задач машинного обучения существует множество библиотек и систем, поддерживающих интерфейс языка Python. Некоторые из них: Apache Singa, Caffe, Keras, Microsoft Cognitive Toolkit, MXNet, TensorFlow, Theano, PyTorch [24].

Для реализации распознавания выбрана библиотека Keras – открытая нейросетевая библиотека, написанная на языке Python. Она нацелена на оперативную работу с сетями глубинного обучения, при этом спроектирована так, чтобы быть компактной, модульной и расширяемой [].

С помощью библиотеки Keras была реализована сверточная нейронная сеть.

2.4.2 Библиотека OpenCV

OpenCV – это библиотека с открытым исходным кодом, которая содержит алгоритмы для решения задач компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения. Она написана на языках C и C++ и может работать на компьютерах под управлением разных операционных систем [25].

Главной ее целью является предоставление простого интерфейса, позволяющего разрабатывать приложения с использованием возможностей компьютерного зрения. Библиотека OpenCV содержит множество функций из разных областей компьютерного зрения. Так же использовалось расширение Numpy [26].

С помощью библиотеки OpenCV были написаны алгоритмы, описанные ниже.

2.5 Поиск максимально стабильных экстремальных областей

В результате работы фильтра изображения преобразуются в оттенки серого для поиска регионов. Для примера была выбрана дорожная сцена из выборки.



Рисунок 24– Пример работы алгоритма

Минусы алгоритма заключаются в том, что он находит достаточно много регионов. Поэтому, часто необходимы дополнительные действия для того, чтобы сократить количество регионов, не представляющих интерес.

Также алгоритм достаточно чувствителен к размытым изображениям, в таких изображениях алгоритм MSER может рассматривать несколько областей как один регион.

В OpenCV Python ниже приведена структура функции, которая используется для создания MSER.

```
cv2.MSER_create (_delta, _min_area, _max_area, _max_variation,  
_min_diversity, _max_evolution, _area_threshold, _min_margin, _edge_blur_size)
```

Параметры Метода MSER:

- `_delta` – сравнивает $(size_i - size_{i-delta}) / size_{i-delta}$;
- `_min_area` – убирает области, которые меньше чем `minArea`;
- `_max_area` – убирает область, которая больше, чем `maxArea`;
- `_max_variation` – убирает область, которая имеет одинаковый размер дочерний элемент;
- `_min_diversity` – для цветного изображения;

- `_max_evolution` – для цветного изображения;
- `_area_threshold` – для цветного изображения порог области, вызывающий повторную инициализацию;
- `_min_margin` – для цветного изображения игнорирует слишком маленькое поле;
- `_edge_blur_size` – для цветного изображения размер области для размытия краев [27].



Рисунок 25 – Пример работы алгоритма

Что бы избежать большого количества выделений на изображениях тех объектов, которые нам не нужны, были разработаны системы фильтрации для того, чтобы уменьшить количество кандидатов. Хотя и настройка гиперпараметров в данном алгоритме очень сильно влияет на определение нужных областей интереса, но все же этого недостаточно.

В частности, фильтры Габора в разных ориентациях существенно помогают снизить количество выделяемых областей при работе алгоритма.

Были введены соотношение сторон во избежание выделения неравномерных областей, которые могут быть сильно вытянуты по горизонтали или вертикали. А также система затрагивала моменты, если на изображении был размытый объект, а алгоритм мог его отметить несколько раз.

2.6 Обработка изображения фильтрами Габора

В OpenCV Python ниже приведена структура функции, которая используется для создания ядра Gabor.

```
cv2.getGaborKernel(ksize, sigma, theta, lambda, gamma, psi, ktype)
```

Параметры фильтра Габора:

- `ksize` — это размер ядра Габора. Если `ksize = (a, b)`, то у нас есть ядро Габора размера $a \times b$ пикселей. Как и во многих других ядрах свертки, `ksize` предпочтительно нечетное, а ядро квадратное.
- `sigma` — стандартное отклонение функции Гаусса, используемой в фильтре Габора.
- `theta` — ориентация нормали к параллельным полосам функции Габора.
- `lambda` — длина волны синусоидального фактора в приведенном выше уравнении.
- `gamma` — это пространственное соотношение сторон.
- `psi` — фазовый сдвиг.
- `ktype` — указывает тип и диапазон значений, которые может содержать каждый пиксель в ядре Gabor [28].

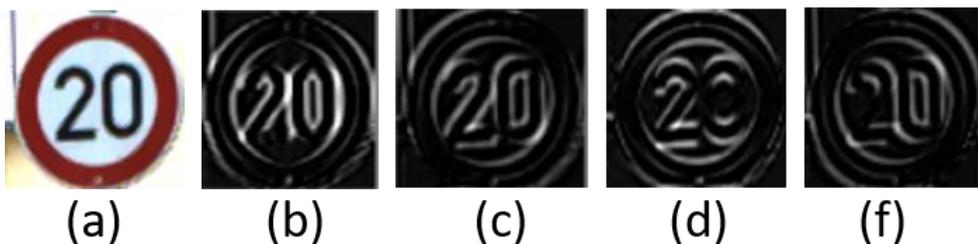


Рисунок 26– Результат работы фильтра Габора с разными направлениями:

- a – Исходное изображение;
- b – Изображение $\theta=0$;
- c – Изображение $\theta=\pi/8$;
- d – Изображение $\theta=\pi/2$;
- f – Изображение $\theta=3\pi/4$.

В качестве примера работы фильтра был взят знак «ограничение скорости 20 км/ч», на котором видно, что в разных направлениях знак отображается по-разному и если совместить, то изображение станет лучше выделенным.

Однако края объектов на изображениях, таких как дорожные знаки, имеют разное направление ориентаций линий. Чтобы получить направление фильтра Габора близко к краю, ему потребуются фильтры множества различных ориентаций. Чем больше фильтров с разными ориентациями и масштабами, тем полнее будет выражена информация.



Рисунок 27 – Четыре разных направления фильтра Габора

Для лучшей обработки изображения было решено сделать четыре разных направления ориентации нормали к параллельным полосам функции Габора. Пример можно увидеть на рисунке 27.



Рисунок 28 – Объединенные направления ориентаций на фильтре Габора

На рисунке показан пример обработки изображения 4 разными направлениями ориентации нормали к параллельным полосам функции Габора.

2.7 Реализация сверточной нейронной сети на Keras

Задача классификации представляет собой задачу отнесения образа к одному из заданных множеств. Каждая область изображения номерной пластины, полученная в результате сегментации, представляет собой цифробуквенный образ из алфавита допустимых символов.

Объявление модели идет функцией `model = Model(input_img, x)`. Первый идет слой свертки с размером ядра «3» на «3» и количеством карт признаков «64». Функция активации для этого слоя «relu». Первый слой принимает входную форму. Это форма каждого входного изображения – 28,28,1. Число 1 здесь обозначает, что изображения черно-белые.

Функцией `Flatten()` преобразуем полученные признаки в одномерный массив и создаем полносвязный слой из «150» нейронов командой `Dense()` с функцией активации «relu».

Создаем еще один полносвязный слой, отвечающий за количество классов на выходе функцией Dense (), то есть указывается количество папок с классами, использованных для обучения нейронной сети.

В настоящий момент нейронная сеть будет обучена на распознавание «43» видов дорожных знаков. Функция активации для этого слоя «sigmoid».

Задав архитектуру, полученную модель нужно скомпилировать:

```
model.compile(    loss='categorical_crossentropy',    optimizer='adam',  
metrics=['accuracy']).
```

Параметр «loss='categorical_crossentropy'» отвечает за функцию потерь, здесь использована функция для классов, чье количество превышает «2», так как видов дорожных знаков больше двух. Параметр «optimizer='adam'» оптимизирует нейронную сеть, а «metrics = ['accuracy', 'mse', 'mae']» определяют расчёт качества модели, в данном случае это, среднеквадратичная ошибка и аккуратность, то есть доля угаданных ответов.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Детектирование областей

Детектирование областей происходит посредством работы двух алгоритмов. Сначала дорожная сцена подается на фильтры Габор, а после на алгоритм максимальных стабильных экстремальных регионов.

Мы можем увидеть большой прогресс в нахождении областей интереса. На рисунке в левой его части представлен результат работы алгоритма MSER без фильтров Габор, а на правом с фильтрами. Можно заметить, на изображении существенно сократилось число областей, не представляющих интерес.



Рисунок 29 – Пример работы алгоритмов вместе

После выделения данных областей, они вырезаются и подаются на вход сверточной нейронной сети.

3.2 Распознавание полученных областей

Детектированные области подаются на вход сверточной нейронной сети для распознавания.

Были проведены экспериментальные запуски архитектуры сверточной нейронной сети, для поиска лучшей точности.

В таблице 3 приведены результаты экспериментальных запусков для различных архитектур СНС.

Таблица 3 – Результаты экспериментов

	Архитектура	Категориальная кросс энтропия (loss)	Среднеквадратичная ошибка (mse)	Процентная точность (%)
Обучающая	64-32-43	0,428	0,235	84,4
	150-100-43	0,209	0,172	92,8
	150-120-43	0,220	0,190	90,1
	150-150-43	0,290	0,221	88,6
Тестовая	64-32-43	0,428	0,235	82,9
	150-100-43	0,209	0,172	90,6
	150-120-43	0,220	0,190	88,9
	200-150-43	0,290	0,221	87,2

Из проведенной серии экспериментов наилучший результат достигается при использовании архитектуры, которая показала максимальную точность распознавания.

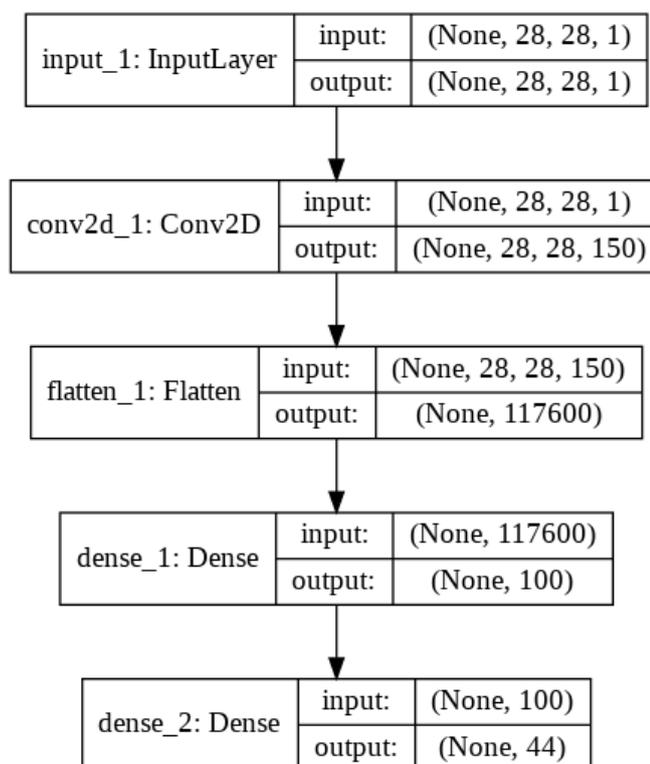


Рисунок 30 – Архитектура нейронной сети

На рисунке мы видим архитектуру нейронной сети, которая показала максимальную точность.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершён комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. В той связи, что было только два исполнителя результат планирования представлен как линейный график реализации проекта, для его построения хронологически упорядоченные данные были сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	НР – 60% И – 40%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 40% И – 60%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 20% И – 100%
Выбор алгоритмов для решения поставленной задачи	НР, И	НР – 20% И – 100%
Планирование архитектуры программного обеспечения	НР, И	НР – 10% И – 100%
Разработка программного обеспечения	И	И – 100%
Тестирование и отладка программного обеспечения	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 70% И – 100%

НР – научный руководитель.

И – исполнитель.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный (вероятностный).

Экспертный способ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула 4.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 4 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (ТРД) ведется по формуле 5:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (5)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН} = 1$;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае $K_{Д} = 1.2$

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле 6:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 7.

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (7)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 365$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 10$).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205 \quad (8)$$

Таблица 5 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работы, дни			Трудоемкость работы по исполнителям чел.-дн.				
						T_{pd}		T_{kd}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И	
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	1	3	1,8	1,296	0,864	1,568	1,04	
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	12	4,32	14,4	5,2	17,35	
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,34	2,016	1,61	2,429	
Обсуждение литературы	НР, И	2	5	3,2	0,768	3,84	0,925	4,627	
Выбор алгоритмов для решения поставленной задачи	НР, И	10	17	12,8	3,072	15,36	3,7	18,5	
Планирование архитектуры программного обеспечения	НР, И	15	22	17,8	2,136	21,36	2,57	25,738	
Разработка программного обеспечения	И	30	50	38	0,00	45,6	0,00	54,948	
Тестирование и отладка программного обеспечения	И	20	25	22	0,00	26,4	0,00	31,812	
Оформление пояснительной записки	И	5	7	5,8	0,00	6,96	0,00	8,3868	
Подведение итогов	НР, И	2	4	2,8	2,35	3,36	2,83	4,0488	
Итого:				119	15,282	140,16	18,41	168,89	



Рисунок 31– Линейный график работ

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Так как основным рабочим инструментом при разработке данного проекта выступал персональный компьютер, затраты на материалы и оборудование составляют 0 рублей в связи с отсутствием необходимости в расходных материалах.

4.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и

величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле 9:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25 \quad (9)$$

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп-ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{РК}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. В нашем случае исполнитель работает по 6-дневке.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664,00	1 346,56	15,282	1,699	34 962,24
И	15 470,00	618,8	140,16	1,699	147 355,98
Итого:					182 318,2

4.2.3 Расчет отчислений от заработной платы

Затраты по этой статье составляют отчисления в социальные фонды. Отчисления по заработной плате определяются по следующей формуле 10:

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} * C_{\text{зп}} \quad (10)$$

где $K_{\text{соц}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы. Данный коэффициент составляет 30,2% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- отчисления в пенсионный фонд;
- на социальное страхование;
- на медицинское страхование.

Итак, отчисления из заработной платы составили:

$$C_{\text{соц}} = 0,302 * 167703,9 = 55\,060,09 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле 11:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{Э}} \quad (11)$$

где $Э_{\text{об}}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб., $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт, $Ц_{\text{Э}}$ – тарифная цена за 1кВт·час, $Ц_{\text{Э}} = 1 \text{ руб/кВт·час}$, $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{Э}} = 6,59 \text{ руб./кВт·час}$ (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t \quad (12)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, в данном случае приравнивается 0,6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле 13:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C \quad (13)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 7.

. Таблица 7 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	1 121,28*0,6	0,3	1330,06
Итого:			1330,06

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии. Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле 14:

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (14)$$

:

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} .

$t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для определения H_A следует обратиться к приложению 1, содержащему фрагменты из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования H_A . Для ПК это 2 - 3 года. Необходимо задать конкретное значение H_A из указанного интервала, возьмём 3 года. Далее определяется H_A как величина обратная H_A , в данном случае это $1: 3 = 0,33$.

$$C_{AM}=0,33 * 50\ 000 * 1\ 121,28 * 1 / 2416 = 7657,74$$

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1 \quad (15)$$

Для нашего проекта это

$$C_{проч.} = (182\ 318,2 + 55\ 060,09 + 1\ 330,06 + 7\ 657,74) \cdot 0,1 = 24\ 636,609$$

руб.

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка алгоритма детектирования и распознавания дорожных знаков».

Таблица 8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{зп}$	182 318,2
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	55 060,09
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	1 330,06
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	7 657,74
Прочие расходы	$C_{проч}$	24 636,609
Итого:		271 002,699

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 271\ 002,699$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами.

Прибыль составляет 54 200,539 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(271\ 002,699 + 54\ 200,539) * 0,2 = 325\ 203,238 * 0,2 = 65\ 040,647$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{НИР(КР)} = 271\ 002,699 + 54\ 200,539 + 65\ 040,647 = 390\ 243,885$ руб.

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Выполнение научно-исследовательских работ оценивается уровнями достижения экономического, научного, научно-технического и социального эффектов. Научный эффект характеризует получение новых научных знаний

и отображает прирост информации, предназначенной для внутри научного потребления.

Научно-технический эффект характеризует возможность использования результатов в других проектах и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой техники.

Экономический эффект характеризуется, в частности, выраженной в стоимостных показателях экономией живого общественного труда, а также в возможности применения полученных знаний для создания новых разработок. Социальный эффект проявляется в улучшении условий труда.

Экономическая эффективность проекта обусловлена возрастающей необходимостью в системах распознавания дорожных знаков и в целом автопилотировании, что является востребованным и актуальным на сегодняшний день.

На данном этапе разработки нет возможности количественно оценить экономический эффект. Данная разработка предназначена для использования во всех сферах, связанных с распознаванием и детектированием дорожных знаков, и для оценки экономического эффекта требуется более глубокое системное исследование.

Для решения этой задачи в дальнейшем необходимо рассчитывать данный показатель, исходя из конкретных условий и масштабности использования, а также учитывая фактор вероятного снижения риска ДТП.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Разработанный в рамках магистерской диссертации проект предназначен для распознавания дорожных знаков. Разработка программы велась только при помощи компьютера. Главным назначением проекта является предупреждение водителя о дорожных знаках, что, несомненно, ведет к более безопасному движению.

Независимо от конкретного применения, взаимодействие пользователя с разработанной программой в любом случае производится с помощью программных и аппаратных средств ПЭВМ, а также с помощью периферийных устройств, подключенных к ПЭВМ.

Данный раздел посвящен анализу вредных и опасных факторов производственной среды для операторов ПЭВМ а так же разработке программ по минимизации воздействия вредоносного и опасного влияния выявленных факторов, а также программ по снижению вредных воздействий на окружающую среду, экономии невозполнимых ресурсов и защите в чрезвычайных ситуациях.

Магистерская диссертация выполнялась в десятом корпусе ТПУ (четвертый этаж) в отделении информационных технологий. Аудитория 402 была помещением выполнения исследования.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В данном разделе рассмотрены основные нормативные документы, выполнение которых необходимо для безопасного исполнения рабочих обязанностей диспетчером, который проводит большую часть времени за компьютером.

Правовые нормы регулирует специальный государственный орган. Основные требования описаны в трудовом кодексе Российской Федерации и в СанПиН 2.2.4.548-96.

Время продолжительности рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут.

Согласно статье 21 "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) работник имеет право на [29]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

К работе на персональном компьютере допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте.

Женщины со времени установления беременности и в период кормления грудью к выполнению всех видов работ, связанных с использованием компьютеров, не допускаются.

Согласно статье 213 ТК РФ в связи с наличием таких вредных факторов как воздействие электромагнитных полей работники данного рабочего места должны проходить периодические медицинские осмотры.

В случае если на рабочем месте разработчика проекта условия труда не соответствуют требуемым нормам, работнику предоставляются следующие гарантии и компенсации [29]:

- уменьшение рабочего времени (ст.92 ТК РФ);
- дополнительный ежегодный отпуск (ст.117 ТК РФ);
- доплата за вредные условия труда (ст.147 ТК РФ);
- обязательное проведение периодических медосмотров за счет работодателя.

Основные органы, регулирующие правовые нормы сотрудников и осуществляющие контроль рабочего места являются:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условия труда;
- Федеральная служба по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека.

5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

5.2.1 Эргономические требования к рабочему месту

Требования к организации рабочих мест пользователей.

Комфорт рабочего пространства складывается из эргономики рабочего места и рационального планирования пространства помещения в целом. Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы.

Схема аудитории представлена на рисунке 31.

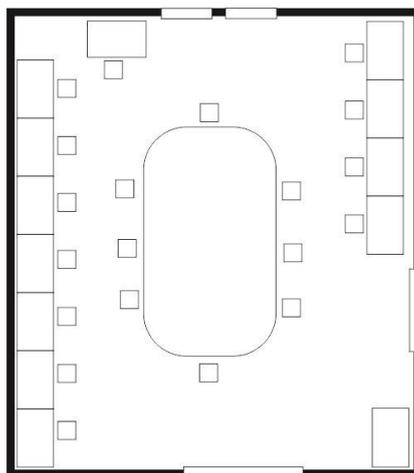


Рисунок 32 – Схема аудитории 402

Основное внимание необходимо уделить делению на рабочие зоны так, это сделано в аудитории 402, которая указана на рисунке 1, чтобы каждый сотрудник мог работать максимально эффективно, как отдельно так при необходимости работать в команде. Эргономика рабочего места напрямую влияет на производительность труда [30],[31].

Согласно требованиям:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м;
- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;
- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;
- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;

На рисунках 32 схематично представлены требования к рабочему месту и пространству вокруг работника.

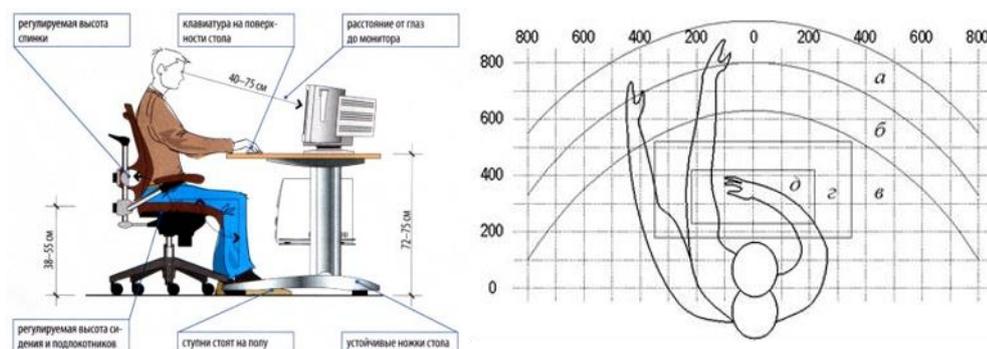


Рисунок 33 – Организация рабочего места эргономические требования: а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальной пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для точной ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости [31]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «МЫШЬ» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

5.3 Производственная безопасность

Так как на состояние офисных работников (программистов) химические и биологические факторы не оказывают существенного влияния, то основное внимание будет уделено физическим и психофизиологическим факторам. Для представления всех вредных и опасных факторов необходимо классифицировать их в соответствии с нормативными документами.

Таблица 9 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работы	Нормативные документы
	Разработка	
1.Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей зоны	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [32]
2.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [33]
3.Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [37]
4.Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электромагнитными полями	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [30] ГОСТ 12.1.006-84 [38]
5.Психофизиологические факторы	+	ТОИ Р-45-084-01 [43]
6.Опасность возникновения пожара.	+	ГОСТ 12.1.004-91 [41]
7.Опасность поражения электрическим током	+	ГОСТ 12.1.038–82 [39]

5.3.1 Вредные производственные факторы

5.3.1.1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Данный фактор является вредным производственным фактором и является фактором микроклимата рабочей среды, параметры которого регулируются СанПиН 2.2.4.548-96. Он больше характерен для рабочей среды программиста-разработчика системы [32].

К параметрам, характеризующим микроклимат в производственных помещениях, относятся:

- Температура воздуха (t , °C);
- Температура поверхностей (t , °C);
- Относительная влажность воздуха (φ , %);
- Скорость движения воздуха (v , м/с);
- Интенсивность теплового облучения (I , Вт/м²).

В производственных помещениях для работы с ПЭВМ происходит постоянное выделение тепла самой вычислительной техникой,

вспомогательными приборами и средствами освещения. Поскольку оператор расположен в непосредственной близости с источниками выделения тепла, то данный фактор является одним из важнейших вредных факторов производственной среды оператора ПЭВМ, а высокая температура воздуха способствует быстрому перегреву организма и быстрой утомляемости.

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения величин показателей микроклимата рабочих мест для различных категорий работ в теплый и холодный периоды года.

Для программиста или оператора ПЭВМ категория работ является лёгкой (1а), т.к. работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в офисных помещениях приведены в таблице 2.

Таблица 10 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21 - 23	20 – 24	40-60	0,1
Теплый	23-25	22-26	40-60	0,1

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

Методы обеспечения нормальных микроклиматических условий:

1. Отопление – совокупность конструктивных элементов со связями между ними, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемых помещениях.

2. Защита от теплового излучения производится с помощью теплоизоляции, экранирования, оптимальных размещений оборудования и рабочих мест.

3. Герметизация помещений;

4. Кондиционирование – искусственная автоматическая обработка воздуха с целью поддержания в помещениях заранее заданных метеорологических условий, независимо от изменения наружных условий и режимов внутри помещения.

5. Рациональные режимы труда

6. Рациональный питьевой режим и медицинские средства профилактики.

Исходя из требований, рассматриваемых в данном разделе, в аудитории, в которой проводилось исследование поддерживается температура равная 20–21 °С, при относительной влажности в 55–58%. В помещении функционирует система принудительной вентиляции. Проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание помещения.

В зимнее время в помещении предусмотрена система водяного отопления со встроенными нагревательными элементами и терморегуляторами.

5.3.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, возникающим при работе с ПЭВМ. Причиной недостаточной освещенности являются недостаточность естественного освещения, недостаточность искусственного освещения, пониженная контрастность.

Работа с компьютером подразумевает постоянный зрительный контакт с дисплеем ПЭВМ и занимает от 80 % рабочего времени. Недостаточность освещения снижает производительность труда, увеличивает утомляемость и количество допускаемых ошибок, а также может привести к появлению профессиональных болезней зрения.

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.
- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам [33].

5.3.1.2.1 Расчет имеющегося освещения для операторов ПЭВМ

Из схемы, которая представлена на рисунке 1 видно, что помещение имеет 2 двери и 2 окна. Размер помещения составляет 45 м².

Соответственно, площадь освещаемого помещения составляет 45 м².

Первой задачей размещения светильников является определение расчетной высоты подвеса H_D :

$$H_D = H - h_n - h_o, \quad (16)$$

где H – высота помещения, м;

h_n – расстояние светильников от перекрытия, как правило, принимается в пределах 0–1,5 м;

h_o – высота рабочей поверхности над полом, м.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника или избежать пагубного воздействия на глаза. Так как высота потолка данного помещения 3,0 м, то оптимальное значение размещения 3,0 м.

Светильники с линейными излучателями (люминесцентными лампами) обычно располагают рядами параллельно длинной стороне помещения или

стене с окнами. В зависимости от уровня нормированной освещенности и возможности размещения светильники располагают непрерывными рядами или рядами с разрывами. Нежелательно размещать светильники в один ряд, это допускается только для узких помещений.

Все используемые формулы и коэффициенты в документе были взяты из книги Кнорринг, Г. М. «Осветительные установки» [35] и интернет ресурса [36].

Высота рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м;

Размеры помещения: $A = 9$ м; $B = 5$ м; $H = 3,0$ м; $S = 45$ м²;

Коэффициент отражения потолка $\rho_{п} = 70\%$ (для побеленного потолка).

Коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50\%$.

Коэффициент отражения пола $\rho_{р} = 30\%$ (для пола).

Коэффициент освещенности рабочей поверхности от систем общего освещения $E_n = 300$. Так как зрительная работа программиста является высокой, исходя из таблицы 4.2 СП 52.13330.2016 [34].

Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли $K_3 = 1,5$.

Коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$ (для люминесцентных ламп).

Параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой $\lambda = 1,1 - 1,3$.

Световой поток одной лампы $\Phi = 2500$ лм.

Рассчитали индекс помещения i по формуле 17:

$$i = \frac{S}{H \times (A+B)} = \frac{45}{3 \times (9+5)} = 1,07, \quad (17)$$

где S – площадь помещения; H – высота помещения; A – длина помещения; B – ширина помещения.

Получили в результате значение $i = 1,07$. Округлим до целого и получим 1,1. Исходя из значения индекса помещения определили коэффициент использования светового потока $\eta = 46\%$ [35], [36]. Требуемое количество люминесцентных ламп по формуле 18:

$$N = \frac{E_n \times S \times K_3 \times Z \times 100\%}{\Phi \times \eta}, \quad (18)$$

где Φ – световой поток; E_n – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения по СП 52.13330.2016; Z – коэффициент неравномерности освещения; N – количество рядов светильников.

$$N = \frac{300 \times 45 \times 1,5 \times 1,1 \times 100\%}{2500 \times 46\%} = 19,3, \quad (19)$$

Получили количество светильников, равное 19,3. Округлив до ближайшего целого, получим 19 ламп. Такое количество ламп можно получить, применяя 2 ряда светильников по 4 светильника в ряд по 3 лампы.

На основании полученного значения рассчитали фактическое значение освещения в помещении по формуле 20:

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi \times N \times \eta}{S \times K_3 \times Z \times 100\%}, \quad (20)$$

где Φ – световой поток; E_n – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения; Z – коэффициент неравномерности освещения; N – количество рядов светильников.

$$E_{\text{факт}} = \frac{2500 \times 19 \times 46\%}{45 \times 1,5 \times 1,1 \times 100\%} = 294, \quad (21)$$

В результате получили значение $E_{\text{факт}} = 294$ лк. На основании проделанных расчетов можно сделать вывод, исходя из данных таблицы 4.1 СП 52.13330.2016, что помещение удовлетворяет нормам освещения.

5.3.1.3 Производственные шумы

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Источниками звука являются колебания материальных частиц и тел, передаваемых жидкой, твердой и газообразной средой.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Ненормированный показатель шума на рабочих местах оказывает влияние на психологическое состояние работника. У сотрудника на поставленной ему задаче снижаются концентрация и сосредоточенность, а повышается уровень утомляемости и стресса. Повышенный уровень шума может привести к нарушению слуха или являться помехой для коммуникаций между сотрудниками [37]. Допустимые значения уровня звука указаны в таблице 11.

Таблице 11 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								
1,5	3	25	50	00	000	000	000	000
Уровни звука в дБА								
6 дБ	1 дБ	1 дБ	4 дБ	9 дБ	5 дБ	2 дБ	0 дБ	8 дБ

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука. Уровень шума исправного компьютера находится в пределах 35-50 дБА, что значительно ниже, чем допустимый уровень шума для данного рабочего места.

5.3.1.4 Электромагнитные поля

Источниками повышенной напряженности электромагнитного поля в данном случае является персональный компьютер. Допустимым считается 8-часовой рабочий день для сотрудника на своем рабочем месте, с предельно допустимым уровнем напряженности должен составлять не более 8 кА/м, а уровень магнитной индукции – 10 мТл. Соблюдение данных норм дает возможность избежать негативного воздействия электромагнитных излучений.

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

К средствам индивидуальной защиты при работе на компьютере относят спектральные компьютерные очки для улучшения качества изображения и защиты от избыточных энергетических потоков видимого света и для профилактики. Очки уменьшают утомляемость глаз на 25-30 %.

Их рекомендуется применять всем операторам при работе более 2 ч в день, а при нарушении зрения на 2 диоптрии и более – независимо от продолжительности работы [38]. В таблице 4 указаны допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемым персональным компьютером.

Таблица 12 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Источниками электромагнитного излучения в кабинете выступают системные блоки и мониторы включённых компьютеров. Для того, чтобы снизить воздействие таких видов излучения, рекомендуют применять такие мониторы, у которых уровень излучения понижен, а также установить защитные экраны и соблюдать режимы труда и отдыха.

5.3.1.5 Электробезопасность

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором и, поскольку оператор ПЭВМ имеет дело с электрооборудованием, то вопросам электробезопасности на его рабочем месте должно уделяться много внимания.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества. Опасность поражения электрическим током усугубляется тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить напряжение дистанционно.

Помещение, где расположено рабочее место оператора ПЭВМ, относится к помещениям без повышенной опасности ввиду отсутствия следующих факторов: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы, высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках должны устанавливаться в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека токов и напряжений прикосновения и утверждаться в установленном порядке [39].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- Конструкцией электроустановок;
- Техническими способами и средствами защиты;
- Организационными и техническими мероприятиями.

Электроустановки и их части должны быть выполнены таким образом, чтобы работающие не подвергались опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, и соответствовать требованиям электробезопасности.

Для оператора ПЭВМ при работе с электрическим оборудованием обязательны следующие меры предосторожности:

- Перед началом работы нужно убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей;
- При обнаружении неисправности оборудования и приборов необходимо, не делая никаких самостоятельных исправлений, сообщить человеку, ответственному за оборудование.

На рабочем месте размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к

тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

5.4 Экологическая безопасность

5.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Так как основным объектом исследования данной работы являются разрабатываемый программный продукт, серьезной проблемой является электропотребление.

Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

Другие проблемы, связанные с влиянием на экологию – действия с производственными отходами (бумага, канцелярия, аккумуляторы). Отходы должны передаваться в организации по вторичной переработке.

5.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов необходимо осуществить полный переход к энергосберегающим и малоотходным (в идеале безотходным) производствам. Также на данный

момент во многих странах используются альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра).

В аудитории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении, можно отнести, в первую очередь, это бумажные отходы – макулатура, пластиковые отходы, неисправные детали персональных компьютеров и других видов ЭВМ. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Пластиковые бутылки складывать в специально предназначенные контейнеры. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и других ЭВМ, а также люминесцентные лампы возможно сдавать организациям, имеющим специальную лицензию, которые занимаются переработкой отходов

Дополнительным методом снижения отходов является увеличение доли электронного документооборота.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории, вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

1. Пожары, взрывы;
2. Внезапное обрушение зданий, сооружений;
3. Геофизические опасные явления (землетрясения);

4. Метеорологические и агрометеорологические опасные явления [40].

5.5.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности в кабинете и т.д.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- Периодическая проверка проводки;
- Отключение оборудования при покидании рабочего места;
- Проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Необходимо проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

Одними из наиболее вероятных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар, а также взрыв на рабочем месте.

Всякий работник при обнаружении пожара должен:

- незамедлительно сообщить об это в пожарную охрану;
- принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
- отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения [41].

Учебные аудитории 10 корпуса ТПУ оснащены ручными углекислотными огнетушителями ОУ-2 по одному на аудиторию, а также аптечками первой помощи согласно требованиям ГОСТ Р 51057-01[42].

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС.

В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

На рисунке 33 представлен план эвакуации четвертого этажа 10 корпуса.

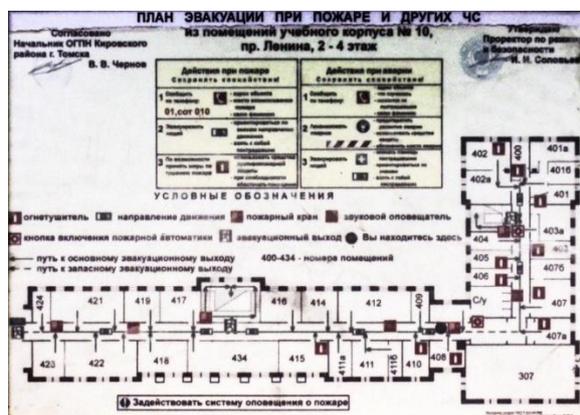


Рисунок 34 – План эвакуации

5.6 Выводы

В ходе выполнения работы по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, суть которых заключалась в анализе основных нормативных документов, регулирующих и регламентирующих производственную деятельность программиста-разработчика. Также были рассмотрены вредные факторы, такие как отклонение показателей микроклимата, производственный шум, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень электромагнитных излучений, риск поражения электрическим током.

Были рассмотрены такие важные вопросы, как экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях при использовании персонального компьютера. Следование правилам, описанным в данном разделе диссертации, помогут помочь избежать данных ситуаций, а также обеспечить здоровье персонала и сохранность окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью работы была реализовать детектирование и распознавания дорожных знаков. Для достижения этой цели перед исполнителем был поставлен ряд задач, касающихся изучения существующих методов выделения объектов на изображении, поиска области знака на изображениях и распознавания знаков дорожного движения.

Существующие методы поиска объектов на изображениях были изучены, и был реализован соответствующий алгоритм, позволяющий решить эту задачу.

Были изучены методы распознавания дорожных знаков, что также было реализовано с помощью библиотеки OpenCV и Keras. Итоговая программная система способна распознавать основные из наиболее часто встречающихся видов дорожных знаков.

Естественно, в реализации остаются места, которые возможно оптимизировать для лучшей работы, а также возможно реализовать распознавание нетривиальных (комбинированных) знаков, вид которых не позволяет распознавать их на данном этапе.

В программе реализованы все шаги, необходимые для корректной работы в различных условиях: возможность настраивать фильтры, автоматическое форматирование различных видов входных и выходных данных в соответствии с требованиями программы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Opel Eye [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://www.opel.com/> (дата обращения 18.03.20)
2. Speed Limit Assist (Mercedes) [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://www.mercedes-benz.co.uk/> (дата обращения 18.03.20)
3. Road Sign Information (Volvo) [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://www.volvocars.com/> (дата обращения 19.03.20)
4. Roadly [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://www.roadarlabs.com/> (дата обращения 19.03.20)
5. Желтов С. Ю. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. // М.: Физматкнига, 2010. — 672 с
6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. - 311 с.
7. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – Вильямс, 2004. – 928 с.
8. X. Gao, L. Podladchikova, D. Shaposhnikov, K. Hong, and N. Shevtsova, "Recognition of traffic signs based on their colour and shape features extracted using human vision models," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 17, no. 4, pp. 675–685, 2006.
9. Lopez, L. Color-based road sign detection and tracking. *Image Analysis and Recognition / L. Lopez, O. Fuentes // Lecture Notes in Computer Science.* – Springer. – 2007. – P. 1138-1147.
10. Xiaoju Ma, Bo Li, Ying Zhang, Ming Yan. «The Canny Edge Detection and Its Improvement» Kunming University of Science and Technology Kunming China 2012:
11. Khaled Hammouda, "Texture Segmentation using Gabor Filters", Course Project of SD775 at the University of Waterloo, Ontario, Canada, May 2003,
12. Petra Bosilj, Ewa Kijak and Sébastien Lefèvre. Beyond MSER: Maximally Stable Regions using Tree of Shapes. // *Proceedings of the British*

Machine Vision Conference (BMVC), pages 169.1-169.13. BMVA Press, September 2015.

13. P.E. Forssén. Maximally stable colour regions for recognition and matching. // In Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR'07. IEEE Conference on, pages 1–8. IEEE, 2007.

14. Donoser, M. and Bischof, H. Efficient Maximally Stable Extremal Region (MSER) Tracking. // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on, volume 1, pages 553–560. IEEE, 2006

15. Š. Obdržálek and J. Matas. Object recognition using local affine frames on maximally stable extremal regions. // In Toward Category-Level Object Recognition, pages 83–104. Springer, 2006.

16. Mikolajczyk, K., Tuytelaars, T., Schmid, C., Zisserman, A., Matas, J., Schaffalitzky, F., Kadir, T., Gool, L.V.: A comparison of affine region detectors. // International Journal of Computer Vision 65 (2005) pages 43–72

17. P. Viola and M. Jones, “Robust real-time object detection,” in International Journal of Computer Vision, 2001.

18. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. - 1104 с.

19. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей // Пер. с англ. — М. Издательский дом «Вильямс», 2001.

20. Тадеусевич Р. Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ: пер. с пол. // Р. Тадеусевич [и др.]. — М.: Горячая линия-Телеком, 2011. — 408 с.

21. Zhang, Z.; Li, Y.; He, X.; Yuan, W. CNN Optimization and its application in traffic signs recognition based on GRA. J. Residuals Sci. Technol. 2016, 13, 6

22. Горбачев, М. Г. Безопасное вождение современного автомобиля / М.Г. Горбачев. - М.: Рипол Классик, 2017. - 256 с.

23. Обучающая выборка Немецких дорожных <http://benchmark.ini.rub.de/> (дата обращения 04.04.20)
24. Keras: The Python Deep Learning librar [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://keras.io/> (дата обращения 08.04.20)
25. Python [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://opencv.org/about/> (дата обращения 08.04.20)
26. NumPy [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.numpy.org/>, (дата обращения 08.04.20)
27. MSER [Электронный ресурс] Точка доступа: https://docs.opencv.org/3.4/d3/d28/classcv_1_1MSER.html#a49d72a1346413106516a7fc6d95c09bb (дата обращения 21.04.20)
28. Gabor filters [Электронный ресурс] Точка доступа: https://docs.opencv.org/3.4/d4/d86/group_imgproc_filter.html#gae84c92d248183bd92fa713ce51cc3599 (дата обращения 21.04.20)
29. Трудовой кодекс: Федеральный закон от 30 декабря 2001г. N 197-ФЗ // Собрание законодательства. – 2002. – № 1. – Ст. 836.
30. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
31. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
32. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
33. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
34. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение.»

35. Расчет искусственного освещения [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://docplayer.ru/52766508-Raschyot-iskusstvennogo-osveshcheniya.html> (дата обращения 25.05.20)
36. Кнорринг, Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л. : Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981. – 288 с.
37. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.»
38. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
39. ГОСТ 12.1.038–82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
40. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.
41. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
42. ГОСТ Р 51057-2001 Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.
43. ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.

Приложение А

Раздел 2

АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR DETECTION AND RECOGNITION OF ROAD SIGNS IN AN IMAGE

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM83	Рябов Виктор Михайлович		

Консультант школы отделения (ОИТ) – информационных технологий:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Друки Алексей Алексеевич	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Аксёнова Наталия Валерьевна	к.филол.н.		

2 DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR DETECTION AND RECOGNITION OF ROAD SIGNS IN AN IMAGE

2.1 General solution of problems

The process of solving the problem associated with the detection and recognition of road signs.

The General view can be seen in the figure below.

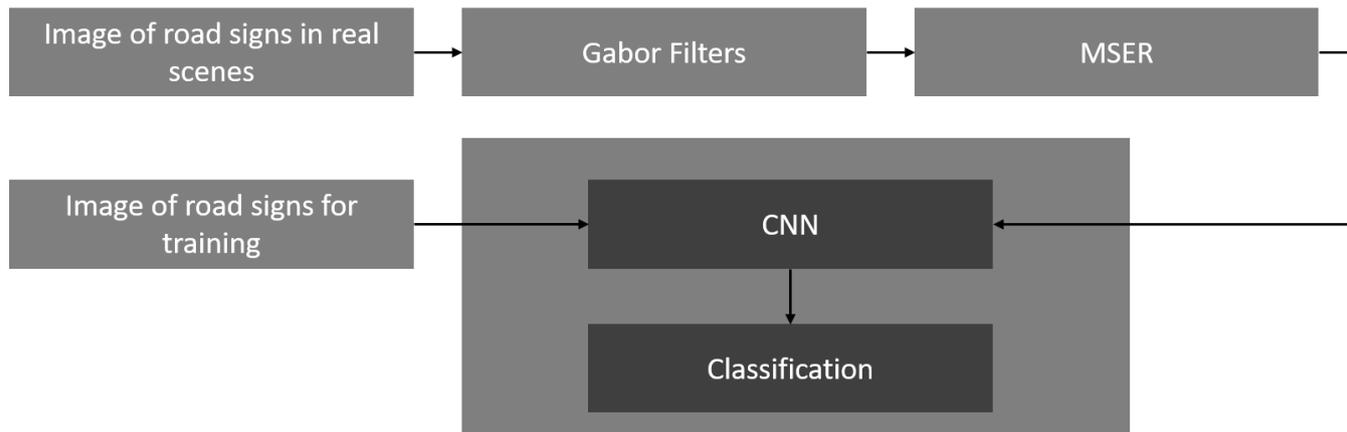


Figure 21 – Scheme of algorithms

The figure shows how the algorithms work. We see that images from the GTSRB sample are given to the convolutional neural network for training and testing. The database consists of 43 classes of road signs. The other GTSDDB sample is given sequentially to two algorithms and after they are run, the detected areas are fed to the trained CNN for recognition.

2.2 Training sample of GTSRB

A database of German road signs will be used as one of the sets, data for network training and testing. The images from this set have been reduced in dimensions to 28×28 pixels.



Figure 22 – Types of road signs

This set is divided into two parts: training and test samples consisting of about 40,000 and 12,000 images respectively.

The test set contains 12,000 images that do not participate in the training of the convolution neural network.

Figure shows images of road signs contained in the training set.

2.3 Selection of real road scenes of GTSRB

Another data set for network training is the GTSDB database of German road signs, which contains images of real scenes. It includes 900 images, one third of which are intended for checking for road signs detection and for training these systems.

This data set will be used in the algorithms described below.



Figure 23 – The example images from a sample

2.4 Software support

At present, there is a huge number of programming languages, as well as program libraries for working with artificial neural networks (ANN) and genetic algorithms (GA), implemented in various programming languages such as C++, C#, Python, etc. The Python programming language has been chosen as a tool for solving problems and implementing algorithms.

Python is a high-level general-purpose programming language aimed at increasing developer productivity and code readability. The Python kernel syntax is minimalistic. At the same time the standard library includes a large number of useful functions.

Python supports structural, object-oriented, functional, imperative and aspect-oriented programming. The main architectural features are dynamic typing, automatic memory management, full introspection, exception handling mechanism, multithreaded computing support, and high-level data structures. Splitting of programs into modules, which in their turn can be combined into a package, is supported.

To implement the software product, the Anaconda Python interpreter version 3.6 and the "Spyder" development environment were chosen. The advantage of this environment is the ease of installation, because it is installed together with Anaconda; also, it is freely distributed.

The Google Colaboratory was also the development environment. It is a cloud service aimed at simplifying research in the field of machine and in-depth learning. Using Colaboratory, you can get remote access to a machine with a connected video card (NVidia Tesla K80), and it is completely free.

This is a huge advantage of using this development environment, as well as mounting a Google disk in the Colaboratory virtual machine's file system: you can then use your Google disk as a normal directory.

2.4.1 Keras library

There are many libraries and systems that support the Python language interface to solve machine learning problems. Some of them are: Apache Singa, Caffe, Keras, Microsoft Cognitive Toolkit, MXNet, TensorFlow, Theano, PyTorch.

For realization of recognition the Keras library, an open neural network library, written in Python was chosen. It is aimed at operative work with networks of deep learning, thus, it is designed to be compact, modular and expandable.

With the help of the Keras library a convolutionary neural network was implemented.

2.4.2 OpenCV library

OpenCV is an open source library that contains algorithms for solving computer vision, image processing and general-purpose numerical algorithms. It is written in C and C++ languages and can run on computers with different operating systems.

Its main purpose is to provide a simple interface that allows you to develop applications using the capabilities of computer vision. OpenCV library contains many functions from different areas of computer vision.

The algorithms described below were written using the OpenCV library.

2.5 Searching for maximum stable extreme areas

As a result of the filter working, images are converted to grayscale to search for regions. For example, a road scene was selected from the selection.

The disadvantage of the algorithm is that it finds quite a lot of regions. Therefore, additional actions are often needed to reduce the number of regions that are not of interest.

The algorithm is also quite sensitive to blurry images. In such images, the MSER algorithm can treat multiple regions as one region.

OpenCV Python provides the structure of the function that is used to create MSER.

```
cv2.MSER_create (_delta, _min_area, _max_area, _max_variation,  
_min_diversity, _max_evolution, _area_threshold, _min_margin, _edge_blur_size)
```

Full constructor for MSER detector.

Parameters:

- `_delta` - it compares $(size_i - size_{i-\delta}) / size_{i-\delta}$
- `_min_area` - prune the area which smaller than minArea
- `_max_area` - prune the area which bigger than maxArea
- `_max_variation` - prune the area have similar size to its children
- `_min_diversity` - for color image, trace back to cut off mser with diversity less than min_diversity
- `_max_evolution` - for color image, the evolution steps
- `_area_threshold` - for color image, the area threshold to cause re-initialize
- `_min_margin` - for color image, ignore too small margin
- `_edge_blur_size` - for color image, the aperture size for edge blur.



Figure 24 – The example of the algorithm

To avoid a large number of selections on images of objects that we do not need, filtering systems have been developed to reduce the number of candidates. Although setting up hyperparameters in this algorithm greatly affects the definition of the desired areas of interest, it is still not enough.

In particular, Gabor filters in different orientations significantly help reduce the number of allocated areas when the algorithm is running.

Aspect Ratio has been introduced to avoid identifying uneven areas that can be heavily stretched horizontally or vertically. The system also affected moments when the image had a blurred object and the algorithm could mark it several times.

2.6 Image processing with Gabor filters.

In OpenCV Python, the structure of the function that is used to create the Gabor kernel is shown below.

```
cv2.getGaborKernel(ksize, sigma, theta, lambda, gamma, psi, ktype)
```

Parameters of Gabor filters:

- **ksize** - Size of the filter returned.
- **sigma** - Standard deviation of the gaussian envelope.
- **theta** - Orientation of the normal to the parallel stripes of a Gabor function.
- **lambda** - Wavelength of the sinusoidal factor.
- **gamma** - Spatial aspect ratio.
- **psi** - Phase offset.
- **ktype** - Type of filter coefficients. It can be CV_32F or CV_64F .

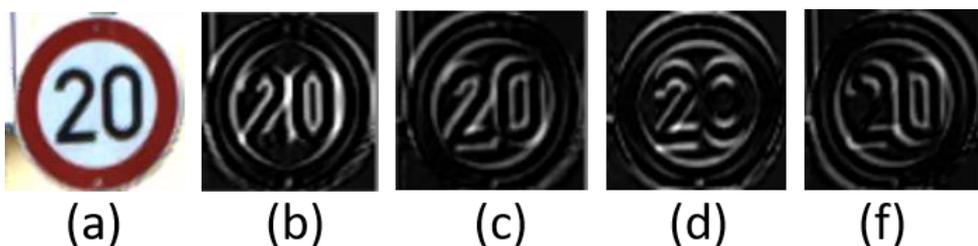


Figure 25 – The example of the algorithm

a – source image

b – image $q=0$;

c – image $q=p/8$;

d – image $q=p/2$;

f – image $q=3p/4$.

The "20 km/h speed limit" sign was taken as an example of how the filter works. It shows that the sign is displayed differently in different directions and if combined, the image will become better highlighted.

However, the edges of objects in the images such as road signs, have different direction orientations of the lines. To get the direction of the Gabor filter close to the edge, it will need filters of many different orientations. The more filters with different orientations and scales, the more information will be expressed.

For better image processing, it was decided to make four different directions the orientation of the normal to the parallel bands of the Gabor function. An example can be seen in the drawing.



Figure 26 – Four different orientation directions for the Gabor filter

The figure shows an example of image processing with four different directions: the orientation of the normal to parallel bands of the Gabor function.

2.7 Implementation of a convolution neural network on Keras

The classification problem is the problem of assigning an image to one of the specified sets. Each area of the number plate image obtained as a result of segmentation is an alphanumeric image from the alphabet of allowed characters.

Specifications of model is made by the function `model = Model (input_img, x)`. The first layer is a convolution layer with the size of the kernel "3"x"3" and the number of feature maps "64". The activation function for this layer is "relu". The first layer takes the input form. This is the shape of each input image – 28.28.1. the Number 1 here indicates that the images are black and white.

Using the `Flatten ()` function, we transform the received features into a one-dimensional array and create a fully connected layer of "150" neurons with the `Dense()` command with the "relu" activation function.

Creating another fully connected layer that is responsible for the number of classes in the output with the `Dense ()` function, that is, the number of folders with classes used for training the neural network is specified.

Currently, the neural network will be trained to recognize "43 " types of road signs. The activation function for this layer is "sigmoid".

After setting the architecture, the resulting model must be compile:

```
model.compile(      loss='categorical_crossentropy',      optimizer='adam',  
metrics=['accuracy']).
```

The "loss='categorical_crossentropy' " parameter is responsible for the loss function. This function is used for classes whose number exceeds "2", since there are more than two types of road signs. The "optimizer" parameter='adam' "optimizes the neural network, and" metrics = ['accuracy', 'mse', 'mae'] "determines the calculation of the model quality. in this case, this is the standard error and accuracy, i.e. the percentage of guessed responses.

INTRODUCTION

Over the past few decades, vehicles became an integral part of our life.

Problem number one at present is to build automatic warning systems for drivers about the road situation. One of the key tasks in such systems is to recognize road signs. To date, many algorithms have been developed, but the speed and accuracy of recognition indicators do not always allow you to accurately recognize objects with the specified accuracy. Thus, creating a fast and high-quality algorithm for recognizing road signs remains relevant.

Relevance of the issue of recognizing road signs is due to the increased level of safety on public roads and the extreme importance of the information that road signs contain.

When we use an automated recognition system, it is extremely important to accurately and timely identify road signs when a vehicle is moving in both urban and motorway conditions.

Currently, to solve the recognition problem, commercial closed systems are developed and used, which are supplied "as a set" with the car. These systems include "Opel Eye" from Opel, "Speed limit assist" from Mercedes, "Road sign information" from Volvo. The above hardware and software systems are installed in the car as an option and cannot be modified.

Analyzing the subject area, it was found that the existing systems do not fully satisfy the solution of the task. The efficiency of most existing systems is drastically reduced in real-world conditions with noise, poor lighting, and various geometric and photometric distortions.

Work objective is to develop an algorithm for detecting and recognizing road signs.

You need to solve the following tasks to achieve supplied goal:

1. Research of existing algorithms that are used for recognizing road signs in images.

2. Development of an algorithm for detecting images of road signs in images, which provides high resistance to the presence of noise and various distortions.

3. Realization of an algorithm for recognizing road signs in images that provides high stability to the presence of noise and various distortions.

The object of research is algorithms of image processing and systems based on convolutional neural networks.

The subject of the research is the algorithms' application of image processing for detection and neural network algorithms for recognizing road signs in images of real scenes.

CONCLUSION

The main aim of the work was to realise the detection and recognition of road signs. To achieve this aim, the performer was assigned a number of tasks related to the study of existing methods for selecting objects in the image, searching for the area of the sign in the images, and recognizing traffic signs.

The existing methods of searching for objects in images were studied, and a relevant algorithm was implemented to solve this problem.

Methods for recognizing road signs were studied. This is implemented by using the OpenCV and Keras libraries. The final software system is able to recognize the most common types of road signs.

Naturally, implementation has places that can be optimized for better performance. It is also possible to implement the recognition of non-trivial (combined) characters, the type of which does not allow recognizing them at this stage.

All steps that are mandatory and necessary for correct operation in various conditions: ability to configure filters, automatic formatting of various types of input and output data in accordance with the program requirements have been implemented in the program.