

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
<b>Разработка нейросетевого подхода сегментации и распознавания номерных знаков автомобилей на изображениях реальных сцен</b>

УДК 004.932.1.032.26:629.3.066.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM83	Адаричев Вадим Сергеевич		

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		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социальноэкономические 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.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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.
<b>Общекультурные компетенции</b>	
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 научнопроизводственного 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	Адаричеву Вадиму Сергеевичу

Тема работы:

Разработка нейросетевого подхода сегментации и распознавания номерных знаков автомобилей на изображениях реальных сцен

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№140-46/с от 19.05.2020
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p style="text-align: center;"><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, используемые в алгоритмах детектирования и распознавания автомобильных номерных знаков. Применения сверточных нейронных сетей для сегментации, а также в качестве классификаторов цифробуквенных символов автомобильных номерных пластин.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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"> <li>1. Обзор предметной области</li> <li>2. Разработка и реализация алгоритма сегментирования</li> <li>3. Разработка и реализация алгоритма классификации</li> <li>4. Проведение экспериментов</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Блок-схема алгоритма</li> <li>2. изображения работы алгоритма сегментации номерных знаков</li> <li>3. изображения работы алгоритма обработки изображения.</li> </ol>

**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 Algorithm neural network for recognizing car number plates
Раздел Conclusion

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	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	Адаричев Вадим Сергеевич		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:	12.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.06.20	<i>Основная часть</i>	70
12.06.20	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
12.06.20	<i>Социальная ответственность</i>	10
12.06.20	<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 Адаричев Вадим Сергеевич
-----------------	---------------------------------

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*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**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	Адаричев Вадим Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ВМ83	Адаричев Вадим Сергеевич

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

Тема ВКР:

<b>Разработка нейросетевого подхода сегментации и распознавания номерных знаков автомобилей на изображениях реальных сцен.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Программное обеспечение осуществляет сегментацию и распознавание символов номерных знаков автомобилей. Может быть востребовано в системах автоматической идентификации автомобилей: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Парковки;</li> <li>- Режимные и охраняемые объекты;</li> <li>- Гаражные кооперативы;</li> <li>- Коттеджные и дачные поселки, охраняемые; жилые объекты.</li> </ul>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Трудовой Кодекс РФ от 30.12.2001 № 197-ФЗ; Постановление от 25 апреля 2012 года N 390 «О противопожарном режиме» СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.</p>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные производственные факторы, создаваемые объектом исследования, в процессе разработки и реализации аналогичны и сводятся к использованию ПК: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаточное освещение;</li> <li>- Нарушение параметров микроклимата;</li> <li>- Монотонность работы.</li> </ul> Опасные производственные факторы, создаваемые объектом исследования: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Поражение электрическим током;</li> <li>- Возникновение пожара.</li> </ul>



<b>3. Экологическая безопасность</b>	Деятельность не связана с производством, следовательно, влияние на окружающую среду минимально. К влиянию в процессе разработки и применения можно отнести: на литосферу: утилизация комплектующих ПК. Косвенное влияние на атмосферу – высокий уровень потребления электроэнергии.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Вероятные ЧС, инициируемые объектом исследования и возникающие на рабочем месте: – Пожары и взрывы;

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**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	Адаричев Вадим Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 105 страниц, 22 рисунка, 13 таблиц, 55 литературных источников, 1 приложение.

*Ключевые слова:* автомобильный номерной знак, автомобильная номерная пластина, алгоритм распознавания, распознавание символов, цифровая обработка изображений, искусственная нейронная сеть, ансамбль нейронных сетей, комитетный метод классификации.

*Объектом исследования* являются методы искусственного интеллекта, используемые в алгоритмах сегментации и распознавания автомобильных номерных знаков.

*Целью работы* является разработка и реализация алгоритма детектирования и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях реальных сцен с применением аппарата искусственных нейронных сетей.

В исследовании представлен аналитический обзор методов и существующих технических и программных систем, использующих методы искусственного интеллекта для распознавания автомобильных номерных знаков. Проведён анализ существующих алгоритмов, и предложен собственный алгоритм распознавания автомобильных номерных знаков, основанный на применении искусственных нейронных сетей и их ансамблей.

В результате применения предложенного алгоритма удалось решить задачу распознавания автомобильных номерных знаков и достигнуть приемлемой точности полученных результатов при небольшом числе дескрипторов.

*Областью применения* разработанного алгоритма являются программные системы, задачи которых связаны с поиском и идентификацией транспортных средств, учётом проезда через контрольно-пропускные пункты, ограничением въезда на частную территорию.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автомобильный номер:** Индивидуальный регистрационный знак (номер) автомобиля. Обычно изображается на световозвращающем листе металла или пластмассы (номерной знак) на передней и задней сторонах машины, или на бумажной основе и размещается под передним (ветровым) или задним стеклом транспортного средства. Часто автомобильный номер указывает на административную единицу государства, в которой зарегистрировано транспортное средство.

**алгоритм обучения:** Процедура, используемая для процесса обучения.

**алгоритм:** Набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения результата решения задачи за конечное число действий.

**класс образов:** Совокупность образов, обладающих некоторыми общими свойствами.

**нейрон:** Единица обработки информации в нейронной сети.

**образ:** Некоторая упорядоченная совокупность дескрипторов.

**обучающая выборка (набор):** Множество пар сигналов вход-выход, каждая из которых состоит из входного сигнала и соответствующего ему желаемого выхода.

**обучение:** Процесс, в котором свободные параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена.

**распознавание образов:** Процесс, в котором получаемый образ/сигнал должен быть отнесён к одному из predetermined классов (категорий).

**синапс (synapse):** Элементарная структурная и функциональная единица, которая передаёт импульсы между нейронами.

**транспортное средство:** Техническое устройство для перевозки людей и/или грузов. В отличие от грузоподъемных и подъемно-транспортных устройств транспортные средства используют, как правило, для перевозки на относительно дальние расстояния.

**цифровая обработка изображений:** Обработка цифровых изображений с помощью цифровых вычислительных машин (компьютеров).

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

**ВРА** — Back-propagation algorithm.

**SVM** — Support Vector Machine (машина опорных векторов).

**ГИБДД** — Главное управление Государственной инспекции безопасности дорожного движения

**ГОСТ** — Государственный стандарт.

**ГРЗ** — Государственный регистрационный знак.

**ИНС** — Искусственная нейронная сеть.

**АНС** — Ансамбль нейронных сетей.

**КПП** — Контрольно-пропускной пункт (пост).

**МПС** — Многослойная персептронная сеть.

**ПО** — Программное обеспечение.

**РФ** — Российская Федерация.

**СНС** — Сверточная нейронная сеть.

**СУБД** — Система управления базами данных.

**ТС** — Транспортное средство.

**ТСЖ** — Товарищество собственников жилья.

**ЦФ** — Целевая функция.

**ЯВУ** — Язык (программирования) высокого уровня.

## Оглавление

Оглавление .....	14
ВВЕДЕНИЕ .....	16
1 ОБЗОР МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ .....	17
1.1 Методы распознавания автомобильных номерных знаков .....	18
1.2 Обзор систем распознавания автомобильных номерных знаков .....	27
1.3 Тест систем распознавания автомобильных номеров.....	36
1.4 Заключение по аналитическому обзору.....	37
1.5 Требования к разрабатываемому алгоритму .....	38
2 АЛГОРИТМ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ .....	39
2.1 Общее решение задачи .....	39
2.2 Поэтапная работа с изображением.....	39
2.2.1 Сегментация номерной пластины .....	39
2.2.2 Извлечение фрагмента с номерной пластиной .....	42
2.2.3 Предобработка вырезанного фрагмента .....	44
2.2.4 Классификация сегментов номерной пластины.....	46
3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ .....	49
3.1 Язык разработки.....	49
3.2 Дополнительный инструментарий.....	49
3.3 Среда разработки .....	50
4 Результаты работы .....	51
4.1 Наборы данных .....	51
4.2 Результаты экспериментов .....	51
4.3 Выводы из результатов экспериментов .....	53
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	55
5.1 Организация и планирование работ.....	55
5.1.1 Продолжительность этапов работ.....	56
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	61
5.2.1 Расчет затрат на материалы.....	61
5.2.2 Расчет заработной платы .....	61

5.2.3	Расчет отчислений от заработной платы .....	62
5.2.4	Расчет затрат на электроэнергию .....	63
5.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	64
5.2.6	Расчет прочих расходов.....	65
5.2.7	Расчет общей себестоимости разработки .....	65
5.2.8	Расчет прибыли .....	66
5.2.9	Расчет НДС.....	66
5.2.10	Цена разработки НИР .....	66
5.2.11	Оценка экономической эффективности проекта.....	66
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	68
	Введение .....	68
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	68
6.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	68
6.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	70
6.2.1	Эргономические требования к рабочему месту .....	70
6.3	Производственная безопасность .....	72
6.3.1	Вредные производственные факторы.....	73
6.4	Экологическая безопасность .....	81
6.4.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ...	81
6.4.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	82
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
6.5.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований .....	82
6.5.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	83
6.6	Заключение по разделу .....	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
	СПИСОК ПУБЛИКАЙ И ВЫСТУПЛЕНИЙ.....	88
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	89
	ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Задача распознавания автомобильных номерных знаков востребована в различных системах контроля транспортных средств. Эти системы могут использоваться различными государственными службами, на контрольно-пропускных пунктах, пунктах контроля скорости и т.д.

**Цель работы.** Целью работы является разработка и реализация алгоритма детектирования и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях реальных сцен с применением аппарата искусственных нейронных сетей.

**Постановка задачи.** Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- разработка и реализация алгоритма детектирования номерного знака;
- предобработка изображений для последующего распознавания;
- разработка и реализация алгоритма распознавания номерного знака;
- проведение численных экспериментов.

**Предмет исследования.** Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, используемые в алгоритмах детектирования и распознавания автомобильных номерных знаков. Применения сверточных нейронных сетей для сегментации, а также в качестве классификаторов цифробуквенных символов автомобильных номерных пластин.



# 1 ОБЗОР МЕТОДОВ И ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ

Компьютерное зрение по сей день является актуальной научной областью, она решает задачи для получения высокого уровня понимания цифровых изображений [1]. Задачи включают в себя методы сбора, обработки, анализа и понимания цифровых изображений, их можно разделить на четыре следующих типа [2]:

- Classification — классификация изображения по типу объекта, которое оно содержит;
- Semantic segmentation — нахождение пикселей объектов одного класса на изображении. Если несколько объектов одного класса перекрываются, их пиксели никак не отделяются друг от друга;
- Object detection — определение всех объектов нужных классов и построение охватывающей рамки каждого из них;
- Instance segmentation — нахождение пикселей, которые содержит объект каждого класса по отдельности;

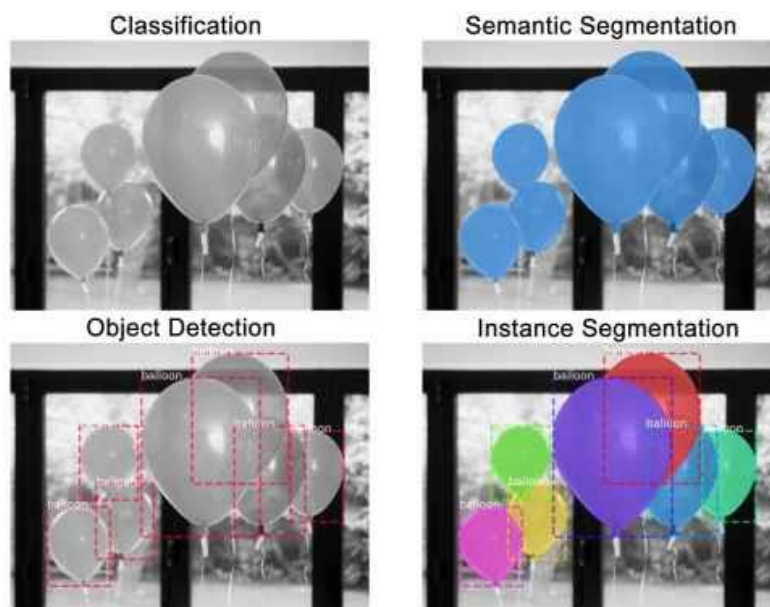


Рисунок 1.1 – Иллюстрация типов компьютерного зрения

Иллюстрация сегментации на примере воздушных шаров приведена на рисунке 1.1.

## **1.1 Методы распознавания автомобильных номерных знаков**

Для детектирования и распознавания автомобильных номеров используется множество различных методов. Рассмотрим некоторые из них: метод Виолы-Джонса и метод опорных векторов.

Метод Виолы-Джонса, его недостатком является то, что при угле наклона более чем на 30 градусов, точность и эффективность метода сильно снижается [3];

Метод опорных векторов, основным недостатком которого является то, что он подходит только для решения задач с 2 классами.

В свою очередь сверточные нейронные сети показывают наилучшие результаты распознавания объектов на изображениях. В связи с этим в данной работе решено было применить сверточные нейронные сети для детектирования и распознавания номерных знаков автомобилей при различных углах наклона и зашумления.

Рассмотрим более детально приведенные методы.

### **1.1.1 Метод Виолы-Джонса**

Метод Виолы-Джонса — алгоритм обнаружения объектов на изображениях в режиме реального времени, предложенный в 2001 году П. Виолой и М. Джонсом. Его основной задачей является обнаружение лиц, но его также используют для распознавания различных классов изображений [3].

Метод можно разбить на две части: алгоритм обучения и алгоритм распознавания.

Принципы, на которых основан метод:

- интегральное представление изображений, что значительно ускоряет вычисление необходимых объектов;
- используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта (в данном контексте, угловых точек);

- построение классификатора на основе алгоритма бустинга (от англ. boost – улучшение, усиление) для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения;
- все признаки поступают на вход классификатора, который даёт результат «верно» либо «ложь»;
- для быстрого отбрасывания незначимых окон, без объекта, используются каскады признаков.

Принципы описанные выше позволяют производить поиск объекта в режиме реального времени.

Длительное время обучения, а также использования большого количества необходимых данных для обучения классификатора, является главным недостатком метода. Если угол наклона объекта на изображении больше 30 градусов процент обнаружений сильно снижается. Помимо этого, из-за повышенного освещения или же сильном затемнении объекта, алгоритм может не дать результата.

К преимуществам метода можно отнести следующее:

- обнаружение более чем одного объекта;
- использование простых классификаторов;
- высокая скорость поиска;
- возможность использования в видеопотоке.

Рассмотрим данные экспериментов с использованием метода:

Общее количество символов	$x = 1620$
Количество сегментированных областей	$s = 2247$
Количество правильно сегментированных	$y = 1348$

$$\text{Средняя точность сегментации} = \frac{y}{x} * 100\% = \frac{1297}{1608} * 100\% = 80\%.$$

$$\text{Средняя ошибка сегментации} = \left| 1 - \frac{y}{s} \right| = \left| 1 - \frac{1348}{2247} \right| = 0.4$$

В таблице 1.1 приведен отчет по отдельным группам номеров. Точность определяется процентом правильно распознанных символов по отношению к общему количеству символов, более подробно в [4].

Таблица 1.1 – Расчет точностей групп

Группа	Точность сегментации метод Виола-Джонса, %
Нормальные	90
Под углом	80
С наличием искажений	73

### 1.1.2 Машины опорных векторов

Метод опорных векторов (англ. SVM, support vector machine) — алгоритм обучения с учителем, который относится к линейным классификаторам. SVM применяется для решения задач регрессионного анализа и классификации. Регуляризацию по Тихонову, также можно рассматривать как специальный случай SVM [5]. Метод опорных векторов - метод классификатора с максимальным зазором, так как непрерывно уменьшает эмпирическую ошибку классификации и увеличивает зазор.

Метод опорных векторов, идея которого заключается в том, что исходные векторы преобразуются в пространство высокой размерности и производится поиск разделяющей гиперплоскости. Полученная гиперплоскость имеет две параллельных гиперплоскости по сторонам, а также максимальный зазор в этом пространстве. Плоскость, которая имеет максимальное расстояние до этих параллельных гиперплоскостей и будет разделяющей. Средняя ошибка результатов метода зависит от разницы или расстояния между двумя параллельными гиперплоскостями, с увеличением расстояние, ошибка снижается [6].

Классификация данных, задача, часто возникающая в алгоритмах машинного обучения. Каждый объект данных представлен как вектор в пространстве с последовательностью  $p$  чисел. Каждый объект принадлежит

только одному из двух классов. Необходимо разделить объекты гиперплоскостью размерности  $p-1$ . Для этого осуществляется максимизация зазора, что будет способствовать более уверенной классификации. Для этого находим гиперплоскость расстояние, от которого до ближайшего объекта было бы максимальным. При нахождении такой гиперплоскости она будет называться оптимальной разделяющей гиперплоскостью, а линейный классификатор, который будет ей соответствовать, оптимально разделяющим.

Рассмотрим данные экспериментов с использованием метода:

Количество правильно сегментированных  $y = 1561$

Количество распознанных алгоритмом SVM  $svm = 1601$

$$\begin{aligned} \text{Средняя точность распознавания для алгоритма SVM} &= \frac{svm}{y} * 100 = \\ &= \frac{1561}{1601} * 100\% = 97.7\%. \end{aligned}$$

В таблице 2.2 приведен отчет по отдельным группам номеров для алгоритма метода опорных векторов SVM.

Таблица 1.2 – Расчет точностей групп

Группа	Средняя точность распознавания метода опорных векторов, %
Нормальные	99
Под углом	99
С наличием искажений	98

Более подробно о проведенных экспериментах в [4].

### 1.2.3 Использование искусственных нейронных сетей

Задачу распознавания образов человеческий мозг решает гораздо лучше, чем любая цифровая вычислительная машина. Это связано с тем, что способ обработки информации человеческим мозгом в корне отличается от методов, применяемых обычными цифровыми компьютерами. Мозг человека представляет собой чрезвычайно сложный, нелинейный, параллельный компьютер (систему обработки информации). Он обладает способностью организовывать свои структурные компоненты, так, чтобы они могли выполнять конкретные задачи (такие как распознавание образов) во много раз быстрее, чем могут позволить самые быстродействующие компьютеры [7].

В настоящей работе предлагается использование искусственных нейронных сетей (ИНС). Нейронную сеть согласно [7], можно описать следующим образом:

*«Нейронная сеть — это громадный распределенный параллельный процессор, состоящий из элементарных единиц обработки информации (нейронов), накапливающих экспериментальные знания и предоставляющих их для последующей обработки.»*

Преимущества ИНС излагаются в [7] и в [8]. Будет уместно перечислить некоторые из них:

- нелинейность;
- отображение входной информации в выходную;
- адаптивность;
- очевидность ответа;
- контекстная информация;
- отказоустойчивость;
- единообразие анализа и проектирования.

*Обучение сети (настройка)* — процесс, при котором свободные параметры ИНС настраиваются с помощью моделирования среды, в которую эта сеть встроена. Тип обучения в свою очередь определяется уже способом подбора этих параметров [7].

Данное определение процесса настройки предполагает следующую последовательность:

- 1) В сеть поступают стимулы из вне.
- 2) В результате этого изменяются свободные параметры сети.
- 3) После изменения внутренней структуры нейронная сеть отвечает на возбуждения уже иным образом.

Алгоритм обратного распространения ошибки (back propagation). Существует множество алгоритмов обучения. Наиболее известный из них — алгоритм обратного распространения ошибки (back propagation). Данный алгоритм используется для минимизации отклонения реальных значений выходных сигналов нейронной сети (ИНС) от требуемых. Подробно описан в [7], [8], [9], [10], [11], и в [12].

Сущность обучения методом обратного распространения заключается в кодировании отображения входа на выход (представленного множеством маркированных примеров) в синаптических весах и пороговых значениях многослойного персептрона [7] Проблему настройки сети можно рассматривать как задачу выбора наилучшей модели из множества структур-«кандидатов» с учётом определенного критерия.

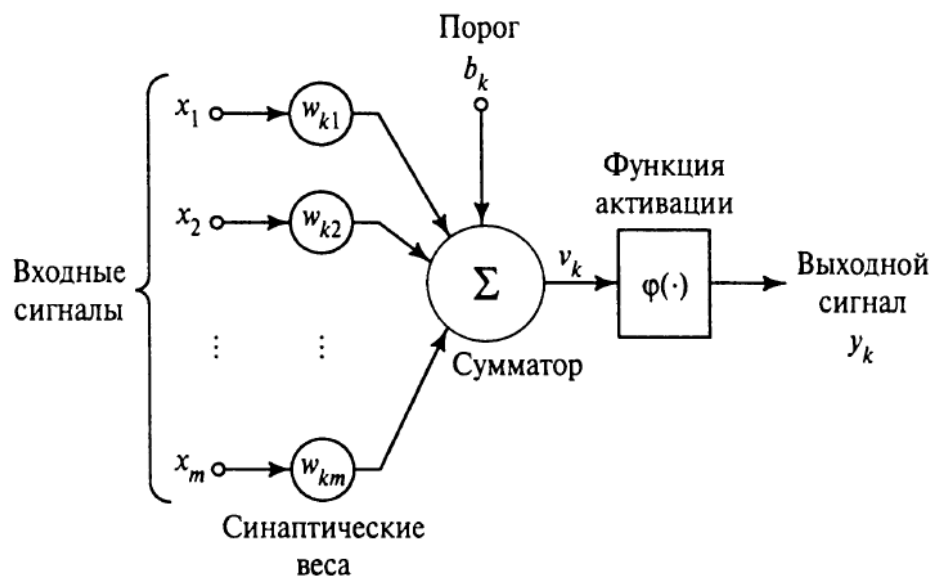


Рисунок 1.2 - Нелинейная модель нейрона [7]

*Нейрон* представляет собой единицу обработки информации в нейронной сети. На рисунке 1.2 показана *модель* нейрона, лежащего в основе искусственных нейронных сетей. В этой модели можно выделить три основных элемента.

1. Набор *синапсов* (synapse) или *связей* (connecting link), каждый из которых характеризуется своим *весом* (weight) или *силой* (strength).

2. *Сумматор* (adder) складывает входные сигналы, взвешенные относительно соответствующих синапсов нейрона.

3. *Функция активации* (activation function) ограничивает амплитуду выходного сигнала нейрона.

В модель нейрона, показанную на рисунке 2.9, включён *пороговый элемент* (bias), который обозначен символом  $b^k$ . Эта величина отражает увеличение или уменьшение входного сигнала, подаваемого на функцию активации.

Математически можно представить нейрон следующими уравнениями [7]:

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j,$$
$$y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – входные сигналы;  $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$  – синаптические веса нейрона  $k$ ;  $u_k$  – *линейная комбинация входных воздействий* (linear combiner output);  $b_k$  – порог;  $\varphi(\cdot)$  – *функция активации* (activation function);  $y_k$  – выходной сигнал нейрона.

Постсинаптический потенциал вычисляется следующим образом:

$$v_k = u_k + b_k$$

Функции активации, определяют выходной сигнал нейрона в зависимости от его индуцированного локального поля. Рассмотрим несколько функций активации.



*Сигмоидальная функция* (sigmoid function). Это быстро возрастающая функция, которая поддерживает баланс между линейным и нелинейным поведением. Примером сигмоидальной функции может служить *логистическая функция* (logistic function), задаваемая следующим выражением:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Еще одна функция активации – линейный выпрямитель (ReLU) задаваемая следующим выражением:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x \geq 0. \end{cases}$$

**Сверточные нейронные сети** (СНС) (англ. convolutional neural network, CNN) — архитектура ИНС, предложенная Яном Лекуном в 1988 году, целью которой было повышение эффективности распознавание различных объектов на изображениях, входит в состав технологий глубокого обучения. Эти сети, одни из самых влиятельных инноваций в области компьютерного зрения. Сегодня глубокое обучения лежит в основе услуг многих компаний, но классический, и, возможно, самый популярный вариант использования сетей — это обработка изображений [13].

Структура СНС представлена следующим образом: изображение пропускается через разные типы слоев, сверточные, нелинейные, объединения и полно-связные, после чего генерируется ответ. В качестве этого ответа может выступать класс или вероятность классов, которые в наилучшей степени смогут описать необходимое изображение. СНС это однонаправленная, т. е. без обратных связей, многослойная сеть. При обучении сети применяются стандартные методы, чаще всего это метод обратного распространения ошибки. В качестве функции активации может выступать любая из известных, по выбору исследователя [14].

Для сегментации используется архитектура U-Net, данная СНС считается одной из стандартных, при решении задач сегментации, когда

нужно сегментировать области по необходимым классам создавая маски, разделяющие изображение на классы. Архитектура состоит из стягивающего пути для захвата контекста и симметричного расширяющегося пути, который позволяет осуществить точную локализацию [15], [16], [17].

Данная архитектура превосходит наилучший предыдущий метод, сверточную сеть со скользящим окном, обучаясь сквозным способом, используя лишь небольшое количество данных.

На соревновании ISBI по сегментации нейронных структур в электронно-микроскопических стеках, используя ту же сеть, которая была обучена на изображениях световой микроскопии пропускания (фазовый контраст и DIC), данная архитектура заняла первое место в этом конкурсе 2015 года по трекингу клеток в этих категориях с большим отрывом. Основным преимуществом данной архитектуры является скорость. Для сегментации изображения размером 512×512 необходимо менее секунды на современном графическом процессоре [15], [16], [17].

Таблица 1.3 – Результаты сегментации (IOU) на соревновании ISBI 2015 года по трекингу клеток

Наименование	PhC-U373	DIC-HeLa
IMCB-SG (2014)	0.2669	0.2935
KTH-SE (2014)	0.7953	0.4607
HOUS-US (2014)	0.5323	-
Second-best (2015)	0.83	0.46
U-Net	<b>0.9203</b>	<b>0.7756</b>

U-Net применялся в задаче сегментации клеток на изображениях с оптического микроскопа. Эта задача сегментации является частью конкурсов ISBI 2014 и 2015 годов по трекингу клеток, подробнее в [15]. U-Net показывает хорошие результаты в сравнении с другими сетями.

## 1.2 Обзор систем распознавания автомобильных номерных знаков

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

### 1.2.1 «Автомаршал»

#### *Краткое описание продукта*

«Автомаршал» — система, предназначенная для распознавания автомобильных номеров. Применяется для контроля проезда машин, проверки их по различным базам данных и ограничения доступа машин на территорию [18].

#### *Область применения*

- контрольно-пропускные пункты предприятий;
- платные автостоянки;
- парковки у торговых комплексов;
- закрытые территории;
- жилые комплексы;
- коттеджные поселки;
- автомойки;
- автоматический розыск транспорта.

#### *Возможности*

- обнаружение автотранспортных средств в зоне контроля и определение направлений их движения;
- распознавание государственных регистрационных номеров автомобилей;
- ведение базы проехавших автотранспортных средств;
- управление шлагбаумами и светофорами в автоматическом и автоматизированном режимах при организации доступа

- автотранспорта на закрытые территории (предприятия, паркинги, ТСЖ, коттеджные поселки и т.п.);
- поддержка баз данных пользователя по автомобилям: типа «Клиенты», «VIP», «Розыск», «Черный список» и др.
  - поиск распознанных номеров автомобилей в базах данных пользователя и при совпадении автоматическое реагирование по заданному пользователем сценарию;
  - передача данных распознавания в сторонние системы бухгалтерского учета;
  - подготовка, печать, рассылка по SMS и e-mail различных отчетов, формируемых как автоматически, так и по запросам пользователя;
  - мониторинг перемещений автомобилей по территории предприятия и контроль соблюдения установленного регламента таких перемещений;
  - разграничение доступа различных категорий пользователей к формируемым данным по паролям или карточкам;

#### *Методы и технологии распознавания*

Распознавание автомобильных номеров производится с помощью ядра распознавания «RecarKernel» (разработка научно-производственной компании «Малленом»). В системе распознавания автомобильных номеров «Автомаршал» для максимально надежной работы в различных условиях (день, ночь, осадки, яркое солнце, засветка от фар) используются два алгоритма, которые работают параллельно. Первый алгоритм основан на нейронных сетях, второй алгоритм — классификатор на базе многомерной интерполяции и аппроксимации [18].

#### **1.2.2 «Спецлаб-Трафик» (SL-Traffic)**

##### *Краткое описание продукта*

«SL-Traffic» — программный модуль считывания и распознавания автомобильных номеров в режиме реального времени. Модуль работает в

качестве видео фильтра в системе или может встраиваться в любую систему видео-регистрации, в том числе и сторонних фирм.

#### *Область применения*

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

#### *Возможности*

- распознавание всех однострочных номеров, выдаваемых в России и ряде других стран ближнего и дальнего зарубежья;
- одновременное распознавание до 20 номеров на одном кадре (большее количество номеров просто не поместится в кадре при требуемом качестве изображения);
- оптическое определение скорости движения автотранспорта по скорости изменения рамки номера;
- нахождение наилучшего номера из последовательности определённых номеров для одной машины (в случае, если номер машины был определён несколько раз);
- ускоренная работа по зонам поиска;
- использование четырех алгоритмов распознавания номера для повышения эффективности;
- регулирование скорости распознавания;

- работа как с собственным архивом, так и с другими базами данных.

### *Методы и технологии распознавания*

На контрольном пункте устанавливается видеокамера согласно перечисленным выше требованиям. Видеосигнал с данной камеры вводится в компьютер посредством устанавливаемой в него платы видео захвата и в режиме реального времени обрабатывается программным модулем считывания и распознавания автомобильных номеров «SL-Traffic» в следующей последовательности:

- производится обнаружение движущегося автомобиля в зоне действия камеры;
- проводится поиск автомобильного номера (или нескольких номеров);
- осуществляется распознавание обнаруженного номера;
- делаются снимки проезжающего автомобиля (по желанию пользователя);
- осуществляется передача полученной информации для регистрации и архивирования в выбранную по усмотрению пользователя базу данных;
- ведётся архив.

Пользователю предлагается 4 вида алгоритмов распознавания номера [19]. Выбор наилучшего из них производится пользователем самостоятельно с целью достижения наилучшего результата в конкретных условиях применения.

Работа программного модуля «SL-Traffic» в комплексе с ПО «СпецЛаб – Проверка регистрации» также ведётся в режиме реального времени и практически мгновенно (в течение одной секунды) выполняет следующие операции:

- проводит распознавание номеров;

- осуществляет поиск по всем существующим в ГИБДД базам данных;
- при обнаружении криминальной информации выдаёт звуковое оповещение и тревожное сообщение на экран монитора;
- всю полученную информация заносит в журнал.

### **1.2.3 «SecurOS Auto»**

#### *Краткое описание продукта*

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

#### *Область применения*

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

#### *Возможности*

- распознавать номерные знаки более 50 стран мира;
- распознавать номера по отдельным кадрам без использования видео;
- быстро настроить обновления для распознавания номеров новых стандартов;
- формировать базу данных распознанных номеров с сохранением сопутствующей информации о дате, времени и месте обнаружения
- автомобиля, скорости и направлении его движения, а также ссылки на видеофрагмент;
- организовать поиск распознанных ранее номеров по заданным параметрам;

- поддерживать одновременно внешние и внутренние списки номеров (информационные, белые, черные);
- автоматически проверять распознанный государственный регистрационный знак (ГРЗ) по внутренним и внешним спискам (базам данных);
- настроить необходимые реакции системы на распознавание номера, на результаты поиска;
- оперативно информировать оператора (поддерживается, в том числе, и голосовое оповещение) и/или отправить уведомление (e-mail, SMS и проч.) внешним службам о результатах распознавания номера и/или о результатах сопоставления данных об автомобиле со списками номеров;
- создать необходимое количество АРМ операторов;
- автоматически генерировать отчеты различных видов на основе результатов распознавания, поиска по базам данных.

#### *Методы и технологии распознавания*

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

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

*Масштабирование и бинаризация изображения.* Распознавание ГРЗ осуществляется в несколько этапов анализов двуградационного (бинаризованного) и полутонного изображений. Область кадра, указанная локализатором, масштабируется и затем бинаризуется с помощью



собственного алгоритма. В результате возникает удобное для быстрого анализа изображение, состоящее только из белых и черных пикселей.

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

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

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

Реализованный анализ полутонового изображения позволяет существенно повысить точность распознавания. Это особенно важно, если необходимо сделать выбор между несколькими «конкурирующими» вариантами, имеющими сходное написание, степень различия которых может стать еще меньше из-за малых размеров символа, низкого контраста, наличия помех и т.п.

Уточнение результата распознавания, т.е. повторное распознавание, производится в зависимости от результатов первого прохода. Исходное

локализованное изображение обрабатывается повторно с иными настройками контрастности, изменением масштаба и прочими видами нормализации в зависимости от выявленной проблемы.

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

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

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

Окончательный результат распознавания выдается в виде «события», которое доступно всем модулям в составе «SecurOS». В зависимости от пользовательских настроек, «SecurOS» сохраняет весь фрагмент проезда ТС либо его «наилучший кадр», определенный на основе промежуточных результатов распознавания.

«SecurOS Auto» имеет несколько режимов выдачи результата распознавания, которые зависят от пользовательских настроек. Два из них, —

«дорога» и «парковка», предполагают, что камера установлена стационарно, а третий, — «мобильный», — что камера установлена в движущемся, например, патрульном автомобиле.

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

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

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

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

### 1.3 Тест систем распознавания автомобильных номеров

Сотрудниками тестовой лаборатории журнала «PROSYSTEM CCTV» [20] были проведены испытания систем распознавания автомобильных номеров, предоставленных им различными фирмами.

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

В статье [20], представляющей результаты анализа, вводится понятие «качества системы»,  $K$ . Качество системы пропорционально количеству правильно распознанных номеров  $T$  и обратно пропорционально количеству нераспознанных номеров  $(100 - T)$  и «мусору», состоящему из ложных и неправильных распознаний —  $F$ . Таким образом мера качества системы может быть вычислена по формуле:

$$K = \frac{T}{(100 - T)} \times 100$$

В таблице 1.4 приведен сравнительный анализ популярных систем, представленных на рынке программного обеспечения по распознаванию автомобильных номеров.

Таблица 1.4 – Обобщённая таблица результатов из [20]

Наименование системы	Количество правильно распознанных номеров (Т), %	«Мусор» (F), %	Качество системы (К)
CVS-Авто	83,7	6,5	79
Ураган	89,8	14,9	59
Интегра-Авто	80,2	12,1	33
MegaCar	73,2	26,2	10
Автоинспектор	69,3	21,3	11
Поток	70,4	32,1	7

Тестирование производилось на выборке из 1000 номеров, погрешность измерений составила  $\approx 3\%$ . О вероятности распознавания можно судить по первой колонке таблицы. О недостатках систем можно судить по второй колонке.

Результаты тестирования промышленных систем, проведенные этой же лабораторией, представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Обобщённая таблица результатов [21]

Наименование системы	Количество правильно распознанных номеров (Т), %	«Мусор» (F), %	Качество системы (К)
Авто-Инспектор	94,19	4,45	364
AutoTrassir	83,07	5,55	88
CVS Авто	82,09	3,30	139
MegaCar	81,06	0,05	8560
Overseer Traffic	79,89	0,05	7945
АвтоУраган 3.3.2	89,69	3,20	364
АвтоУраган 3.4	90,45	2,60	272
ИнтеграВидеоАвто	81,77	0,00	364
Поток	86,38	1,25	82
ТелеВизардАвто	51,33	0,85	507

#### 1.4 Заключение по аналитическому обзору

Для целей парковки и сбора информации лучшим выбором является система CVS-Авто: 6,5% «мусора»; 83,7% правильных распознаний. По соотношению цена/качество система «CVS-Авто» выигрывает почти в пять раз от ближайшего конкурента и в 41 раз — от последнего [20].

Немаловажной отличительной особенностью системы «CVS-Авто» (в отличие от других представленных на тестирование систем) является полное отсутствие специализированных настроек и регулировок параметров распознавания, влияющих на результаты распознавания, что позволяет использовать её как в светлое, так и в тёмное время суток, при различных погодных условиях [20].

Для целей поиска автомобилей, лучшей является система «Ураган»: 89,8% правильно зарегистрированных номеров. Эта система также выигрывает по параметру цена/качество в 8 раз от конкурентов, применяемых в настоящее время для этих целей [20].

### **1.5 Требования к разрабатываемому алгоритму**

Исходя из полученных результатов тестов систем распознавания автомобильных номеров, представленных на рынке, можно сформулировать основные требования к алгоритму распознавания. Главным показателем качества работы алгоритма является вероятность распознавания.

*Средняя вероятность распознавания* составляет выше 80%. Таким образом, разрабатываемый алгоритм распознавания должен давать результаты вероятности распознавания в 80% или выше.

*Скорость распознавания* одного номерного знака в существующих программных системах составляет 30–150 мс. Разрабатываемый алгоритм должен иметь скорость распознавания сопоставимую с указанным диапазоном, либо работать быстрее.

*Классифицирующий элемент* должен быть выполнен на базе аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС).

## 2 АЛГОРИТМ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ

### 2.1 Общее решение задачи

Процесс решения задачи распознавания автомобильного номерного знака в общем виде можно представить в последовательности следующих шагов, представленных на рисунке 2.1.

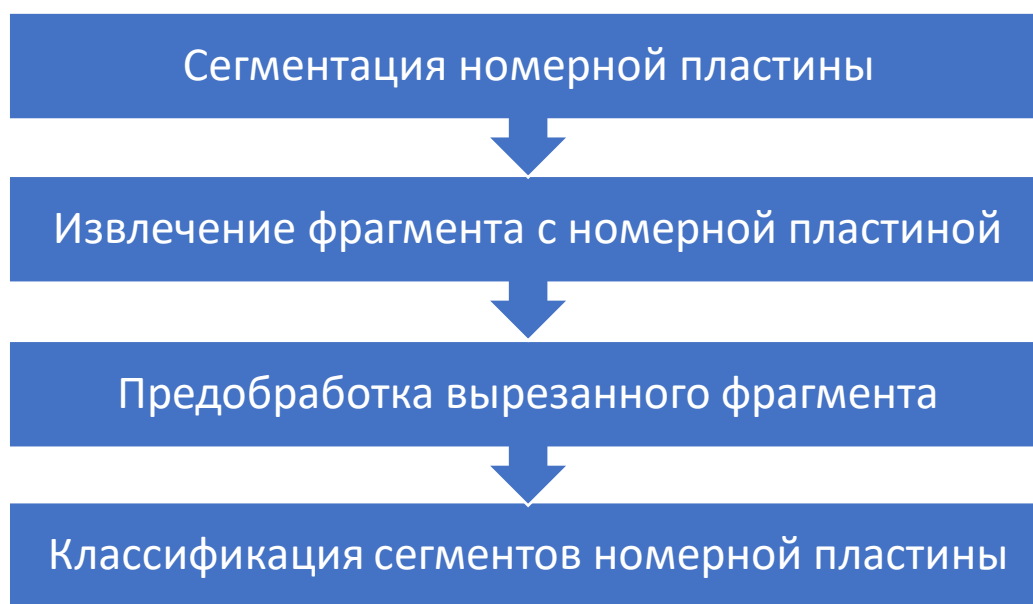


Рисунок 2.1 – Общая схема решения задачи распознавания автомобильного номерного знака

В настоящей работе предлагается алгоритм выделения и распознавания цифрового изображения автомобильного номера.

### 2.2 Поэтапная работа с изображением

Рассмотрим подробнее этапы решения задачи.

#### 2.2.1 Сегментация номерной пластины

Для сегментации номерного знака используется СНС U-Net, архитектура сети представлена на рисунке 2.2.

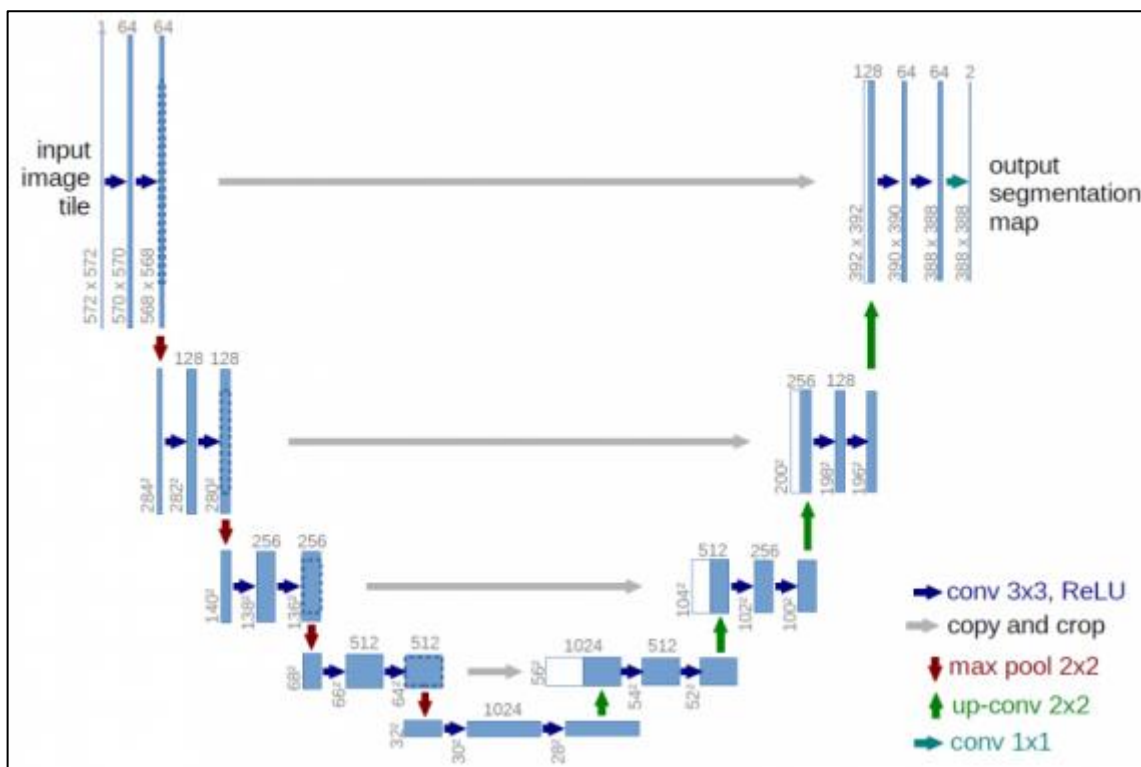


Рисунок 2.2 – Архитектура сети U-Net.

На рисунке 2.2 каждый синий квадрат соответствует многоканальной карте свойств. Количество каналов приведено в верхней части квадрата. Размер приведен в нижнем левом краю квадрата. Белые квадраты представляют собой копии карты свойств. Стрелки обозначают различные операции.

Архитектура сети состоит из сужающегося пути (слева) и расширяющегося пути (справа). Сужающийся путь — типичная архитектура сверточной нейронной сети [13]. Он состоит из повторного применения двух сверток  $3 \times 3$ , за которыми следуют функция активации ReLU и операция максимального объединения ( $2 \times 2$  степени 2) для понижения разрешения.

На каждом этапе понижающей дискретизации каналы свойств удваиваются. Каждый шаг в расширяющемся пути состоит из операции повышающей дискретизации карты свойств, за которой следуют:

- свертка  $2 \times 2$ , которая уменьшает количество каналов свойств;
- объединение с соответствующим образом обрезанной картой свойств из стягивающегося пути;



- две  $3 \times 3$  свертки, за которыми следует ReLU.

Обрезка необходима из-за потери граничных пикселей при каждой свертке.

На последнем слое используется свертка  $1 \times 1$  для сопоставления каждого 64-компонентного вектора свойств с желаемым количеством классов [15],[16],[17].

*Настройка сети* происходит путем подсчета коэффициента Дайса (Dice coefficient) (так же называется коэффициент Сёренсена — Sorensen–Dice coefficient [23]) или Жаккара (Jaccard similarity coefficient [24]), который показывает меру сходства [22] — в данном случае, показывающий меру площади правильно отмеченных сегментов (отношение площади пересечения к площади объединения), далее IoU (Intersection over union) [25].

На вход нейронной сети подается изображение реальной сцены, на котором присутствует автомобильный номерной знак. Пример входного изображения на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – изображение, подаваемое на вход нейронной сети

Для каждого изображения создана маска, покрывающая номерной знак. Пример маски для изображения на рисунке 2.3, приведен на рисунке 2.4.



Рисунок 2.4 – Пример маски, подаваемой на вход нейронной сети

На выходе нейронной сети получаем маску, затем накладывая ее на исходное изображение, получаем изображение с сегментированной номерной пластиной, рисунок 2.5.



Рисунок 2.5 – Изображение, полученное на выходе нейронной сети

### 2.2.2 Извлечение фрагмента с номерной пластиной

Для дальнейшей работы сегментированную номерную пластину нужно вырезать, получив ее координаты.

Для получения координат далее будем работать с сегментированным фрагментом, маской, полученной на выходе нейронной сети рисунок 2.6.

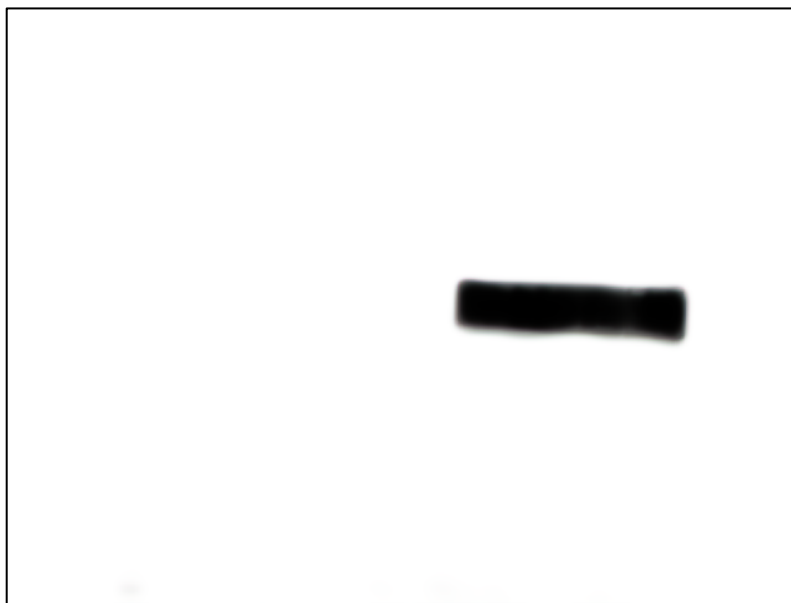


Рисунок 2.6 – Маска, покрывающая номерную пластину полученная на выходе нейронной сети

К маске применяется двусторонний фильтр, являющийся нелинейным, сохраняющим края сглаживающим фильтром для изображений. Он заменяет интенсивность каждого пикселя средневзвешенным значением интенсивности от соседних пикселей. Этот вес может быть основан на распределении Гаусса. Важно, что веса зависят не только от евклидова расстояния в пикселях, но и от радиометрических различий (например, различий в диапазоне, таких как интенсивность цвета, расстояние по глубине и т. д.). Что позволяет сохранить острые края [26], [27], [28], изменения практически не заметны для глаза.

Затем к отфильтрованной маске, применяется метод нахождения особых точек, детектор Харриса, который является оптимальным детектором связанных углов [29, 30]. Затем создается новое изображение и полученные точки накладываются в найденные координаты, результат на рисунке 2.7.

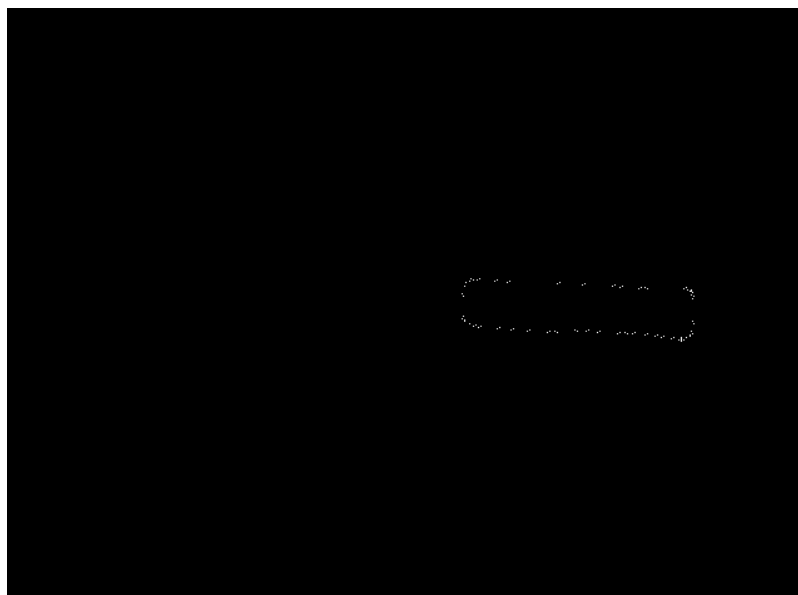


Рисунок 2.7 – Результат поиска особых точек

Белые пиксели — это области возможных углов. Можно найти много углов, соседствующих друг с другом. Для поиска четырех нужны, рассчитывается расстояние каждого угла до каждого другого. Сохраняются только те углы, расстояние которых превышало определенный порог, изменяющийся до тех пор, пока не было найдено лишь четыре нужных точки.

После получения углов они могут находиться не в том порядке, сортируем их в нужном порядке и по полученным точкам строим новое изображение – перспективу [31], рисунок 2.8, с помощью инструментария библиотеки OpenCV [33], [33].



Рисунок 2.8 – Вырезанная номерная пластина

### 2.2.3 Предобработка вырезанного фрагмента

Далее необходимо получить каждый отдельный цифробуквенный символ.

**Преобразование в оттенки серого.** Оттенки серого (градации серого, шкала серого цвета [англ. Grayscale]) — цветовой режим изображений,

которые отображаются в оттенках серого цвета, размещённые в виде таблицы в качестве эталонов яркости белого цвета. Чаще всего используют ступенчатое изображение равномерного ряда оптических плотностей нейтрально-серых полей. Широко применяется в цветоведении и колористике, для оценки и измерений качества тонопередачи при фотографической съемке, сканировании, при копировальных и печатных процессах (полиграфия).

Для преобразования цветного изображения в оттенки серого используется инструментарий библиотеки OpenCV [34]. Результат преобразования показан на рисунке 2.9.

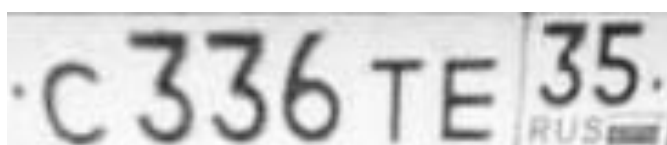


Рисунок 2.9 – Результат смены цветового пространства  
(изображение в оттенках серого)

**Пороговая обработка и бинаризация.** Далее изображение проходит пороговую обработку и бинаризуется. Результат бинаризации изображения номерной пластины представлен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Результат пороговой обработки

**Исключение неинформативных областей.** Не все области представляют интерес для задачи распознавания номерной пластины. Используя метод связных компонент, отделим сегменты друг от друга, заменяя значения пикселей каждого отдельно стоящего сегмента на определенные значения [35], а затем удалим объекты с площадью меньше заданного значения, рисунок 2.11.



Рисунок 2.11 – Результат исключения неинформативных областей

**Извлечения сегментов.** На следующем этапе происходит вырезание всех отдельно стоящих сегментов для последующего распознавания. На рисунке 2.12 показан результат извлечения сегментов из изображения номерной пластины.



Рисунок 2.11 – Результат извлечения сегментов

Каждый извлечённый сегмент приводится к размеру  $28 \times 28$  пикселей для формирования вектора признаков каждого цифробуквенного символа номерной пластины.

#### 2.2.4 Классификация сегментов номерной пластины

Задача классификации представляет собой задачу отнесения образа к одному из заданных множеств [36]. Каждая область изображения номерной пластины, полученная в результате сегментации, представляет собой цифробуквенный образ из алфавита допустимых символов.

Архитектура *искусственной нейронной сети* (ИНС) для классификации цифробуквенных символов представлена следующим образом:

- 1 сверточный слой с окном свертки  $3 \times 3$ , с функцией активации ReLU
- 1 скрытый полносвязный слой, с функцией активации ReLU
- полносвязный слой, с логистической функцией активации на выходе сети.

На вход ИНС подается набор цифробуквенных образов, на выходе каждый из которых определяется к тому или иному классу, затем формируется конечный результат, представляющий собой автомобильный номер в текстовом формате.

Для увеличения точности используется ансамбль искусственных нейронных сетей (АНС).

Для обучения АНС (комитета) используется алгоритм бэггинга (**bagging**). Алгоритм является одним из базовых алгоритмов, в котором комитетное решение принимается усреднением решений отдельных классификаторов.

Для обучения классификаторов применяется метод разделения обучающей выборки (*bootstrap*). Сущность метода состоит в разделении обучающей выборки на  $M$  равных непересекающихся частей, по количеству используемых классификаторов, и каждый классификатор обучается без одной части данных. Таким образом, первый классификатор обучается без первой части, второй – без второй и т.д. Указанный подход гарантирует обучение каждого классификатора на различающихся данных.

Выходной сигнал ансамбля ИНС при использовании алгоритма бэггинга вычисляется по формуле:

$$F(n) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M F_i(n)$$

где  $F_i(n)$  – выход  $i$ -й ИНС,  $M$  – количество ИНС, образующих ансамбль.

В целевую функцию вводится дополнительный штраф за коррелированность выходных сигналов ИНС:

$$E_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N E_i(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (F_i(n) - d(n))^2 + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \lambda p_i(n) \rightarrow \min$$

где  $E_i(n)$  – ошибка  $i$ -й ИНС на  $n$ -м обучающем примере,  $d(n)$  – требуемый выходной сигнал для  $n$ -го обучающего примера,  $N$  – размер обучающей выборки,  $\lambda$  – параметр, регулирующий влияние штрафа.

Второе слагаемое в (2.9) вычисляется следующим образом:

$$p_i(n) = (F_i(n) - F(n)) \sum_{j \neq i}^N F_j(n) - F(n)$$

Минимизация целевой функции (ЦФ) для ансамбля соответствует минимизации целевой функции для каждой сети в отдельности. Формирование ансамбля происходит с использованием однородных архитектур.



### 3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

В настоящее время существует огромное количество языков программирования, а также программных библиотек (далее — библиотек) для работы с искусственными нейронными сетями (ИНС) и генетическими алгоритмами (ГА), реализованных на различных языках программирования, таких как *C++*, *C#*, *Python* и др.

#### 3.1 Язык разработки

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 [23].

#### 3.2 Дополнительный инструментарий

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.

**Библиотека Keras.** Для реализации алгоритма сегментации, и 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 [37].

Keras является второй по скорости роста системой глубинного обучения после TensorFlow Google, и третьей по размеру после TensorFlow и Caffe [38].

Keras содержит многочисленные реализации широко применяемых строительных блоков нейронных сетей, таких как слои, целевые и передаточные функции, оптимизаторы, и множество инструментов для упрощения работы с изображениями и текстом [39].

### **Библиотека OpenCV.**

Кроме того, для предобработки данных применяется библиотека компьютерного зрения OpenCV-Python, являющаяся API (программный интерфейс приложения) для языка программирования Python.

OpenCV – библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом. Включает в себя: алгоритмы компьютерного зрения, обработки изображений и численные алгоритмы общего назначения. Может свободно использоваться в академических и коммерческих целях [34].

Для работы с данными применяются такие Python-библиотеки, как:

- NumPy поддерживает операции над векторами и матрицами [40];
- Matplotlib для визуализации данных [41].

### **3.3 Среда разработки**

В качестве среды разработки использовался инструмент Google Colab – сервис, который позволяет запускать Jupyter Notebook'и. Система позволяет проводить вычисления на современном GPU – NVidia Tesla K80, что значительно ускоряет обработку данных.

Однако основным недостатком является то, что сессия «сбрасывается» каждые 12 часов, то есть если время необходимое для работы (к примеру обучение НС) превышает более чем 12 часов, то сессия просто прекратит работу [43].

## **4 Результаты работы**

### **4.1 Наборы данных**

#### **Сегментация номерного знака**

Настройка и тестирование НС для сегментации номерного знака проводилась на данных сформированных вручную из изображений реальных сцен, на которых присутствуют не только автомобильные номерные знаки, а также посторонние объекты.

Выборка данных содержит 100 изображений размером 640x480 пикселей. Выборка поделена на 2 части. Первая часть содержит 80 изображений, что составляет 80% от всей выборки, вторая содержит 20 изображений, что составляет 20% от всей выборки. Первая часть используется для обучения нейронной сети, вторая для тестирования.

#### **Классификация сегментов номерной пластины**

Настройка и тестирование НС классификатора проводилась на данных также сформированных вручную из изображений цифробуквенных образов из алфавита, содержащего 22 допустимых символов.

Выборка данных для работы содержит 15650 изображений размером 28x28 пикселей. Выборка таким же образом поделена на 2 части. Первая часть содержит 12520 изображений, что составляет 80% от всей выборки, вторая содержит 3130 изображений, что составляет 20% от всей выборки. Первая часть используется для обучения нейронной сети, вторая для тестирования.

### **4.2 Результаты экспериментов**

#### **Сегментация номерного знака**

Настройка сети проводилась на 20 эпохах, и заняла 100 минут времени, в среднем по 5 минут на каждую эпоху.

Всего НС имеет 23 сверточных слоя, полная архитектура сети описана ранее (см. раздел 2.2, стр. 32).

Хоть обучение и проводилось путем подсчета коэффициента Дайса который показывает меру сходства т.е. IoU, для большей наглядности качество сегментации номерного знака сравнивается по следующим метрикам качества: ошибка по модулю (MAE), квадратичная ошибка (MSE), процентная точность (Accuracy), Intersection over union (IoU) [26]. Где MAE и MSE – это средняя ошибка сегментации пикселя по модулю и возведенная в квадрат соответственно, Accuracy – это количество верно сегментированных пикселей (в процентах), а IoU показывающий меру площади правильно отмеченных сегментов (отношение площади пересечения к площади объединения).

Результаты экспериментов сегментации номерной пластины представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Результаты сегментации.

Выборка	MAE	MSE	Accuracy %	IoU
Обучающая	0.101	0.085	97.3%	0.984
Тестовая	0.116	0.099	94.8%	0.927

### **Классификация сегментов номерной пластины**

Полученные экспериментальные данные на различных структурах классификаторов на основе ИНС и ансамблей нейронных сетей (АНС) приведены в таблицах 4.2, 4.3.

В таблице 4.2 показаны результаты запусков рабочих циклов для различных архитектур одной нейронной сети.

Таблица 4.2 – Результаты использования одной ИНС

	Архитектура	MAE	MSE	Accuracy %	Среднее время распознавания, мс
Обучающая	100-80-22	0.231	0.211	77.4	91.7
	100-50-22	0.209	0.198	79.9	75.6
	100-20-22	0.194	0.179	83.7	51.4
	100-22	0.125	0.109	89.1	16.3
Тестовая	100-80-22	0.251	0.263	75.5	91.7
	100-50-22	0.248	0.237	77.4	75.6
	100-20-22	0.224	0.196	82.2	51.4
	100-22	0.156	0.142	87.6	16.3

В серии экспериментов наилучший результат распознавания достигается при использовании архитектуры одиночной ИНС «100-22», с максимальной точностью распознавания в 87.6%.

В таблице 4.3 показаны результаты запусков рабочих циклов для ансамбля нейронных сетей (АНС).

Таблица 4.3 Результаты использования АНС

Архитектура	Выборка	MAE	MSE	Accuracy %	Среднее время распознавания, мс
100-22	Обучающая	0.101	0.068	93.9	92.7
	Тестовая	0.112	0.083	92.1	

АНС состоит из 5 ИНС. Каждый из 5 классификаторов, входящий в ансамбль, имеет архитектуру ИНС «100-22». В серии экспериментов АНС средний полученный результат распознавания достигает 92,1%.

### 4.3 Выводы из результатов экспериментов

Время настройки классифицирующего элемента не является важным и в предлагаемом алгоритме не рассматривается в качестве определяющего показателя. Существенным рассматриваемым показателем является

процентная точность распознавания, выдаваемая классификатором. Таким образом из серии экспериментов можно сделать следующие выводы:

- ансамбль нейронных сетей показывает значительно большую точность классификации;
- время, необходимое для настройки АНС, значительно превышает время обучения единичного классификатора;
- если время настройки не критично, то в качестве классификатора рекомендуется выбрать АНС.

В качестве классифицирующего элемента в алгоритме используется ансамбль нейронных сетей одноступенчатой архитектуры.

## **5 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.

### **5.1 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 5.1.

Таблица 5.1 – 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%

В таблице 1, НР – научный руководитель, И – исполнитель.

### 5.1.1 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 следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (5.1)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;  $t_{\max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \times K_{Д} \quad (5.2)$$

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:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.3)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;  $T_{К}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 5.4:

$$T_K = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (5.4)$$

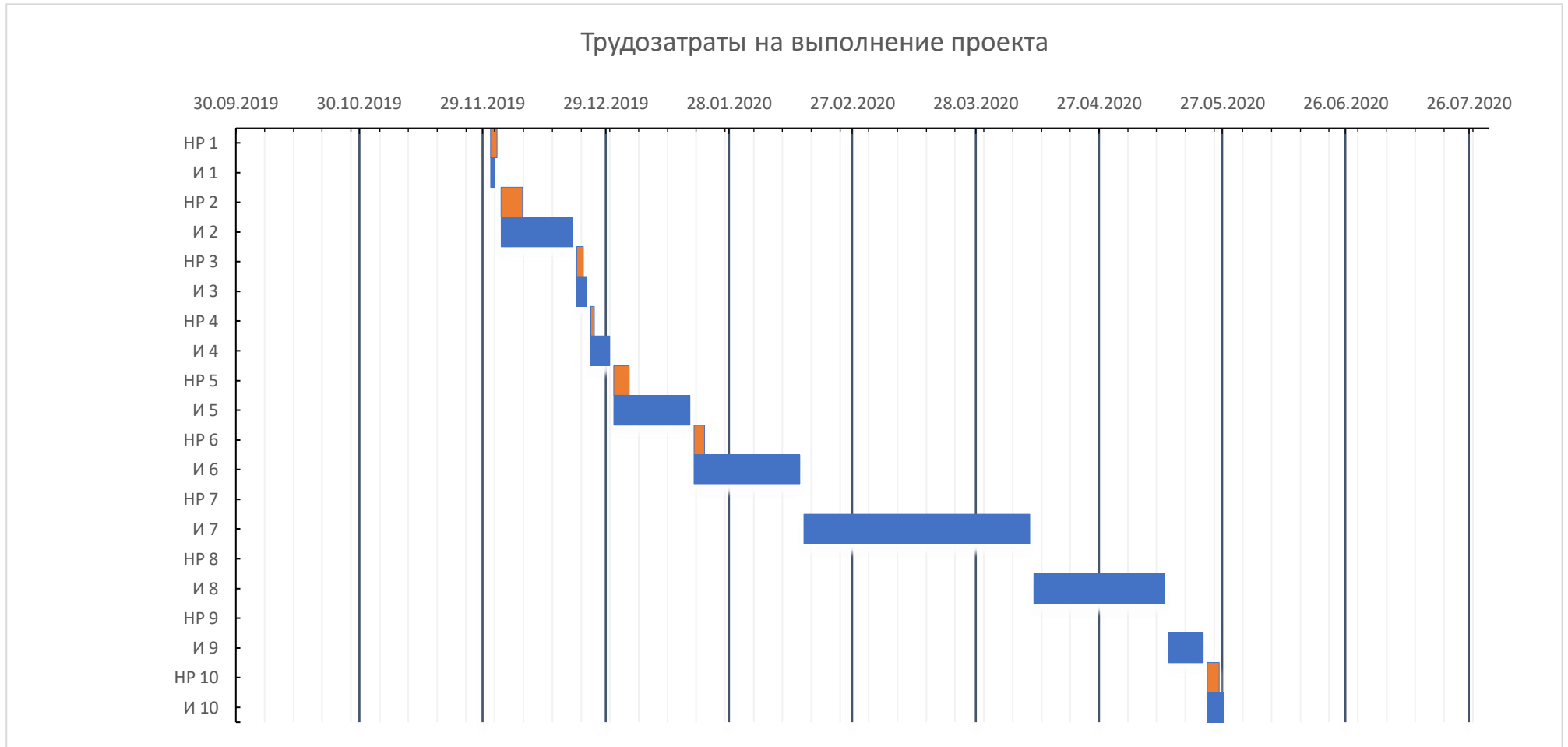
где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );  $T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );  
 $T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 10$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 5.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работы, дни			Трудоемкость работы по исполнителям чел.-дн.			
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{po}$		$T_{kd}$	
					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
<b>Итого:</b>				<b>119</b>	<b>15,282</b>	<b>140,16</b>	<b>18,41</b>	<b>168,89</b>

Рисунок 5.1 – Линейный график работ



## **5.2 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.

### **5.2.1 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.

### **5.2.2 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 ( $ЗП_{дн-т}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = \frac{МО}{25} \quad (5.6)$$

Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{ГП} = 1,1$ ;  $K_{доп-ЗП} = 1,188$ ;  $K_{рк} = 1,3$ . 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  $K_i = 1,1 \times 1,188 \times 1,3 = 1,699$ . В нашем случае исполнитель работает по 6-дневке.

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Затраты на заработную плату

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

### 5.2.3 Расчет отчислений от заработной платы

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

$$C_{соц} = K_{соц} \times C_{зп} \quad (5.7)$$

где  $K_{соц}$  – 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:

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

#### 5.2.4 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:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \times t_{\text{об}} \times Ц_{\text{Э}} \quad (5.8)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{об}}$  – 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.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \times K_t \quad (5.9)$$

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:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \times K_C \quad (5.10)$$

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 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $\Delta_{об}$ , руб.
Персональный компьютер	1121,28*0,6	0,3	1330,06
<b>Итого:</b>			<b>1330,06</b>

### 5.2.5 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:

$$C_{AM} = \frac{N_A \times C_{об} \times t_{рф} \times n}{F_d}, \quad (5.11)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;  $C_{об}$  – 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  $C_{AM}$ ;  $t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;  $n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для определения  $N_A$  следует обратиться к постановлению правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования  $N_A$ . Для ПК это 2 - 3 года.



Необходимо задать конкретное значение  $N_A$  из указанного интервала, возьмём 3 года. Далее определяется  $N_A$  как величина обратная  $N_A$ , в данном случае это  $1:3 = 0,33$ .

$$C_{AM} = \frac{0,33 \times 50000 \times 1121,28 \times 1}{2416} = 7657,74$$

### 5.2.6 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.:

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \times 0,1 \quad (5.12)$$

Для нашего проекта это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (182318,2 + 55060,09 + 1330,06 + 7\,657,74) \times 0,1 = \\ &= 24636,609 \text{ руб.} \end{aligned}$$

### 5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Нейросетевой подход для сегментации и распознавания номерных знаков автомобилей на изображениях реальных сцен».

Таблица 5.5 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{зп}$	182 318,2
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	55060,09
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	1330,06
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	7657,74
Прочие расходы	$C_{проч}$	24636,609
<b>Итого:</b>		<b>271002,699</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 271002,699$  руб.

### 5.2.8 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.

### 5.2.9 Расчет НДС

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

### 5.2.10 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.

### 5.2.11 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 детектированием и распознаванием автомобильных номерных 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.

## **6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Разработанный в рамках магистерской диссертации проект предназначен для распознавания номерных знаков автомобилей. Разработка программы велась только при помощи компьютера. Главным назначением проекта является поиск номерного знака автомобиля на изображениях реальных сцен, с дальнейшим его распознаванием.

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.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **6.1.1 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.

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Согласно статье 22 "Трудовой кодекс Российской Федерации" устанавливает обязательства работодателя, некоторые из них[43]:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять сотрудникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату труда;

Согласно статье 21 "Трудовой кодекс Российской Федерации" работник имеет право на [44]:

- 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.

«ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере» (утв. Приказом Минсвязи РФ от 02.07.2001 N 162) регламентирует вопрос работы с компьютером. Согласно данному документу, без перерыва работник может находиться за монитором компьютера не более двух часов.

## **6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

### **6.2.1 Эргономические требования к рабочему месту**

Работа выполнялась в десятом корпусе ТПУ (четвертый этаж) в отделении информационных технологий. Аудитория 402 была помещением выполнения исследования. Схема аудитории представлена на рисунке 6.1.

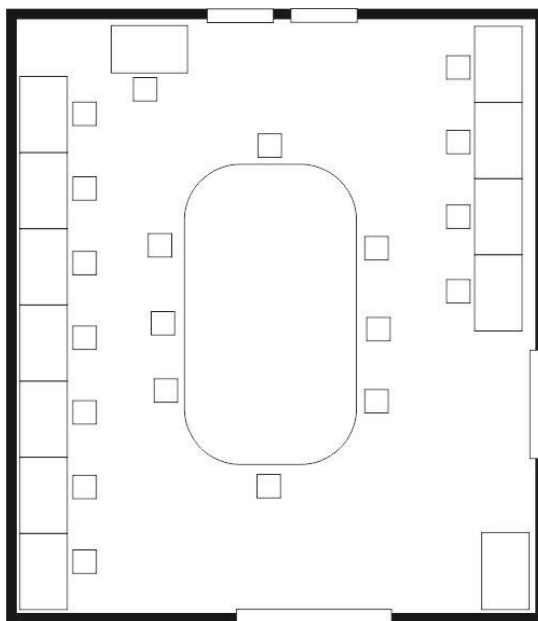


Рисунок 6.1 – Схема аудитории 402

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.

Основное внимание необходимо уделить делению на рабочие зоны так, как указано на рисунках 6.1 и 6.2, чтобы каждый сотрудник мог работать максимально эффективно, как отдельно так при необходимости работать в команде. Эргономика рабочего места напрямую влияет на производительность труда [45], [46]. На рисунках 6.2 и 6.3 схематично представлены требования к рабочему месту и пространству вокруг работника.

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;



Рисунок 6.2 – Организация рабочего места

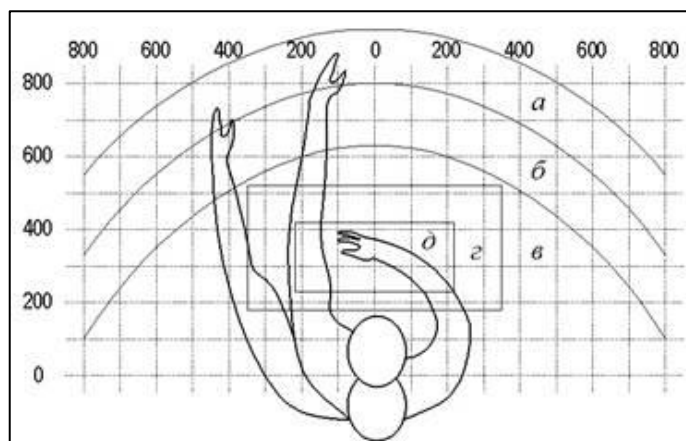


Рисунок 6.3 – Эргономические требования: а – зона максимальной досягаемости; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальной пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для точной ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [46]:

- 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.

### 6.3 Производственная безопасность

Для обеспечения производственной безопасности необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта. Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию.

Производственный фактор считается опасным, если его воздействие на работника может привести к его травме. Все производственные факторы классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизические.



Для данной работы целесообразно рассмотреть физические и психофизические вредные и опасные факторы производства, характерные как для рабочей зоны программиста, как разработчика рассматриваемой в данной работе системы, так и для рабочей зоны пользователя готового продукта. В таблице 6.1 приведены возможные опасные и вредные факторы.

Таблица 6.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
	Разработка	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [46]
Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей зоны	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [45]
Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [49]
Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [45] ГОСТ 12.1.006-84 [48]
Опасность возникновения пожара.	+	ГОСТ 12.1.004-91 [52]
Опасность поражения электрическим током	+	ГОСТ 12.1.038–82 [53]

### 6.3.1 Вредные производственные факторы

#### 6.3.1.1 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 [45].

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/м<sup>2</sup>).

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 6.2.

Таблица 6.2 – 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:

- теплоизоляция;
- экранирование;
- мелкодисперсное распыление воды;
- воздушное душирование рабочих мест;
- оптимальное размещение 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 и отдыха – организация дополнительных перерывов в рабочей смене для обогрева или охлаждения работников в специально оборудованных для этой цели помещениях.

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.

### 6.3.1.2 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 допусаемых 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 [46].

#### 6.3.1.2.1 Расчет имеющегося освещения для операторов ПЭВМ

Из схемы, которая представлена на рисунке 1 видно, что помещение имеет 2 двери и 2 окна. Площадь помещения составляет 45 м<sup>2</sup> (длина 9000, ширина 5000 мм, высота от уровня пола 3000 мм).

Первой задачей размещения светильников является определение расчетной высоты подвеса  $H_D$  по формуле 6.1:

$$H_D = H - h_{\text{н}} - h_{\text{д}}, \quad (6.1)$$

где  $H$  – высота помещения, м;  $h_{\text{н}}$  – расстояние светильников от перекрытия, как правило, принимается в пределах 0–1,5 м;  $h_{\text{д}}$  – 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 3,0м.

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.

Коэффициенты отражения были получены исходя из [54]. Формулы основаны на [51].

Высота рабочей поверхности  $h_p = 0,7$  м. Размеры помещения:  $A = 9$  м;  $B = 5$  м;  $H = 3$  м;  $S = 45$  м<sup>2</sup>. Коэффициент отражения потолка  $\rho_{п} = 70\%$  (для побеленного потолка). Коэффициент отражения стен  $\rho_{ст} = 50\%$ . Коэффициент отражения пола  $\rho_{р} = 30\%$  (для пола). Коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли  $K = 1,5$ . 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 6.2:

$$i = \frac{S}{H \times (A+B)}, \quad (6.2)$$

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

$$i = \frac{45}{3(9+5)} = 1.07$$

Округляем, и в результате получаем значение  $i = 1,0$ . Исходя из значения индекса помещения определили коэффициент использования светового потока  $\eta = 45\%$  согласно СНиП II-4-7 [55]. Требуемое количество люминесцентных ламп по формуле 6.3:

$$N = \frac{E_n \times S \times K \times Z}{\Phi \times \eta}, \quad (6.3)$$

где  $\Phi$  – световой поток;  $E_n$  – освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения;  $K$  – коэффициент пульсации освещенности;  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения;  $N$  – количество рядов светильников.

Согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [48] нормированная степень освещенности для рассматриваемого помещения составляет 200-400 лк, для расчетов выбрано среднее значение  $E_n = 300$  лк.

$$N = \frac{300 \times 45 \times 1.5 \times 1.1}{2500 \times 0.45} = 19.8$$

Получили значение, равное 19,8. Округлив до ближайшего целого, получим 20 ламп. Такое количество ламп можно получить, применяя 2 ряда светильников по 5 светильник в ряд, по 2 лампы в каждом.

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

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi \times N \times \eta}{S \times K \times Z \times 100\%}, \quad (6.4)$$

где  $\Phi$  – световой поток;  $K$  – коэффициент пульсации освещенности;  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения;  $N$  – количество рядов светильников.

$$E_{\text{факт}} = \frac{2500 \times 20 \times 0.45}{45 \times 1.5 \times 1.1} = 303.03$$

Округляя получаем значение  $E_{\text{факт}} = 303$  лк. На основании расчетов можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет нормам освещения согласно СанПиН 2.21/2.1.1/1278-03 [48].

### 6.3.1.3 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 [49].

В таблице 6.3 приведены нормы значений уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ [49].

Таблица 6.3 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звука в дБА								
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 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.

#### 6.3.1.4 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 [53].

Таблица 6.4 – 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.

### 6.3.1.5 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.

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.

## **6.4 Экологическая безопасность**

### **6.4.1 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.

#### **6.4.2 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.

### **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **6.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований**

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей,

возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Наиболее типичной ЧС для помещения операторной является пожар. Он может возникнуть вследствие причин электрического и неэлектрического характеров. К причинам электрического характера можно отнести короткое замыкание, искрение, статическое электричество. К причинам неэлектрического характера относится неосторожное обращение с огнём, курение, оставление без присмотра нагревательных приборов.

### **6.5.2 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.

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.

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 6.4 приведен план эвакуации четвертого этажа 10 корпуса.

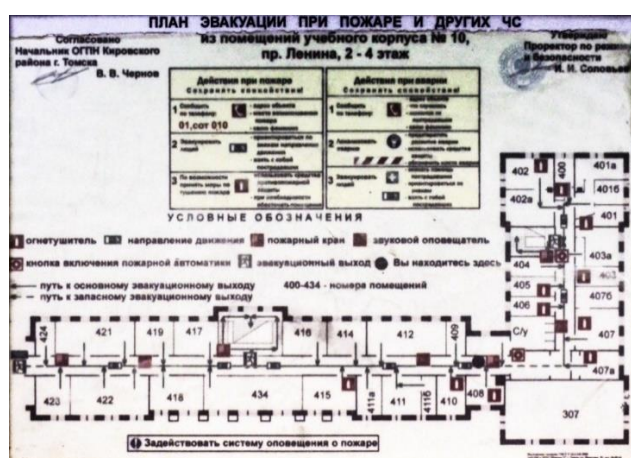


Рисунок 6.4 – План эвакуации

## 6.6 Заключение по разделу

Каждый работник должен проводить профессиональную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов здоровья и безопасности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость устойчивого развития.

В данном разделе были рассмотрены основные вопросы соблюдения прав работника на труд, выполнения правил к безопасности труда, промышленной безопасности, экологии и ресурсосбережения.

Установлено, что рабочее место исследователя удовлетворяет требованиям безопасности и гигиены труда во время реализации проекта, а вредное воздействие объекта исследования на окружающую среду не превышает норму.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача автоматического распознавания автомобильных номеров на цифровых изображениях решена многими исследователями. В работе рассматривается собственный алгоритм для решения задачи. Системы распознавания автомобильных номерных знаков используются для контроля въезда и выезда транспорта с территории предприятий, парковок, контроля потока автомобильного трафика.

Существующие коммерческие системы распознавания автомобильных номеров не всегда предоставляют пользователям информацию об используемых методах искусственного интеллекта в задаче распознавания цифробуквенных символов. В представленной работе выполнен ряд аналитических задач по определению используемых в системах алгоритмов. Данные о сравнительном анализе систем получены из открытых независимых источников.

Выполнен *аналитический обзор* существующих методов и программных систем распознавания автомобильных номерных знаков. Проведен их сравнительный анализ, определён список программных продуктов, подходящих под решение определенного круга целевых задач, связанных с распознаванием автомобильных номеров.

Для сегментации автомобильных номерных знаков используется архитектура СНС U-Net, показавшая хорошие результаты сегментации в других областях. Удалось достичь 94,8% точности при сегментации номерной пластины на тестовом наборе данных.

В работе исследована возможность применения *искусственных нейронных сетей*, а также их ансамблей в качестве классифицирующих элементов. Сравнительный анализ различных архитектур и размеров комитетов позволяет сделать аргументированный выбор классифицирующего элемента в предложенном алгоритме распознавания.

Разработанный *нейросетевой алгоритм распознавания* автомобильных номерных знаков позволяет достичь точности распознавания в 92,1%.

Результаты были получены на отобранных образцах автомобильных номерных знаков, находящихся в открытом доступе. Полученная точность распознавания сопоставима с существующими аналогами.

## СПИСОК ПУБЛИКАЙ И ВЫСТУПЛЕНИЙ

1. Адаричев В. С., Иванова Ю. А. Сверточная нейронная сеть для классификации без использования дополнительных библиотек // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 60-61
2. Адаричев В. С., Иванова Ю. А. Сегментация автомобильных номерных знаков на изображениях // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 17-20 Февраля 2020. - Томск: ТПУ, 2020 - С. 62-63



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Желтов С. Ю.** Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. // М.: Физматкнига, 2010. — 672 с
2. **Habr** Mask R-CNN: архитектура современной нейронной сети для сегментации объектов на изображениях [Электронный ресурс] : — Режим доступа: <https://habr.com/post/421299> (дата обращения: 23.12.2018).
3. **Viola P., Jones M. J.** Robust real-time face detection / International Journal of Computer Vision. — 2004. — V. 57. — P. 137-154.
4. **Серикова А. С.** Разработка и программная реализация алгоритма сегментации и распознавания автомобильных номеров // Магистерская диссертация, ТПУ, ИШИТР, ИСТ 2017
5. **Ильин В. А., Позняк Э. Г.** Линейная алгебра // Москва Физматлит 1999
6. **Nello Cristianini, John Shawe-Taylor.** An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods // Cambridge University Press, 2000
7. **Хайкин С.** Нейронные сети : полный курс : пер. с англ. // С. Хайкин. — 2-е изд., испр.. — М. [и др.]: Вильямс, 2006. — 1103 с.
8. **Комарцова Л.** Нейрокомпьютеры : учебное пособие для вузов // Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. — 2-е изд., перераб. и доп.. — М.: Изд-во МГТУ, 2004. — 399 с.
9. **Джонс М.** Программирование искусственного интеллекта в приложениях // М.Джонс:Пер. с англ. Осипов А.И. — Москва: ДМК Пресс, 2013. — 312 с.
10. **Каллан Р.** Основные концепции нейронных сетей // Пер. с англ. — М. Издательский дом «Вильямс», 2001.
11. **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.

12. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации : пер. с польск. // С. Осовский. — Москва: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.
13. **J. Long, E. Shelhamer, T. Darrell:** Fully convolutional networks for semantic segmentation 2014
14. **Habr** Что такое свёрточная нейронная сеть [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://habr.com/post/309508> (дата обращения: 26.12.2018).
15. **U-Net:** нейросеть для сегментации изображений [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/u-net-image-segmentation>. (дата обращения: 18.09.2019).
16. **Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox** U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation
17. **Deeplearning** U-Net. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <http://deeplearning.net/tutorial/unet.html> (дата обращения 09.09.2019)
18. **Автомаршал** [Электронный ресурс] : офиц. сайт. 2014. — Режим доступа: <http://avtomarshal.ru/>, свободный. Загл. с экрана (дата обращения: 21.12.2018).
19. **SL-Traffic.** Безопасный город [Электронный ресурс] : офиц. сайт — Режим доступа: <http://goal.ru/>, (дата обращения: 10.12.2018).
20. **CVS** Computer Video Security [Электронный ресурс] : офиц. сайт — Режим доступа: <http://www.cvsnt.ru> (дата обращения: 01.06.2019).
21. **Адрон. Распознавание автомобильных номеров:** «Авто-Инспектор» — лидер тестирования [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.adron-perm.ru/test\\_leader](http://www.adron-perm.ru/test_leader), (дата обращения: 28.05.2019).
22. **Коэффициент сходства** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_сходства](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_сходства)  
Дата обращения: 18.09.2019 г.

23. **Коэффициент Сёренсена** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_Сёренсена](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_Сёренсена) (дата обращения: 18.09.2019).
24. **Коэффициент Жаккара** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_Жаккара](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_Жаккара) (дата обращения: 18.09.2019).
25. **Evaluating image segmentation models** [Электронный ресурс] / Блог Jeremy Jordan — Режим доступа: <https://www.jeremyjordan.me/evaluating-image-segmentation-models> (дата обращения: 10.02.2020)
26. **C. Tomasi, R. Manduchi** Bilateral Filtering for Gray and Color Images // Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Computer Vision, Bombay, India
27. **Francesco Banterle, Massimiliano Corsini** A Low-Memory, Straightforward and Fast Bilateral Filter Through Subsampling in Spatial Domain COMPUTER GRAPHICS forum Volume 31 2012, n 1 pp. 19–32
28. **OpenCV - Bilateral Filter** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://www.tutorialspoint.com/opencv/opencv\\_bilateral\\_filter.htm](https://www.tutorialspoint.com/opencv/opencv_bilateral_filter.htm) (дата обращения 15.02.2020).
29. **Habr** Детекторы углов [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/244541/> (дата обращения: 16.02.2020)
30. **OpenCV** Детектор Харриса [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/feature\\_detection.html?highlight=cornerharris#cornerharris](https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/feature_detection.html?highlight=cornerharris#cornerharris) (дата обращения: 15.02.2020).
31. **Третье измерение: объем и перспектива в фотографии** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://photoelement.ru/analysis/persp/persp.html> Дата обращения: 17.02.2020 г.
32. **OpenCV – Get Perspective Transform** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/geometric\\_transformations.html#getperspectivetransform](https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/geometric_transformations.html#getperspectivetransform) (дата обращения 16.02.2020).

33. **OpenCV - Warp Perspective** [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/geometric\\_transformations.html#warpperspective](https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/geometric_transformations.html#warpperspective) (дата обращения 16.02.2020).
34. **OpenCV** [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://opencv.org/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 10.05.19).
35. **Морфологические методы (Сегментация)**, Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана [Электронный ресурс] — Режим доступа: [https://ru.bmstu.wiki/Морфологические\\_методы\\_\(Сегментация\)](https://ru.bmstu.wiki/Морфологические_методы_(Сегментация)) (дата обращения: 10.04.20).
36. **Гонсалес Р.** Цифровая обработка изображений : пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — 3-е изд., испр. и доп.. — Москва: Техносфера, 2012. — 1104 с.
37. **Python** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.python.org/about/> (дата обращения 12.03.2020).
38. **Trying out various Deep Learning frameworks** – [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://sujitpal.blogspot.com/2017/05/trying-out-various-deep-learning.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 12.02.2020).
39. **Keras: The Python Deep Learning library** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://keras.io/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения 12.03.2020).
40. **NumPy** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.numpy.org/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 24.01.2020).
41. **Matplotlib** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://matplotlib.org/>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 24.01.2020).
42. **Google Colab** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb/> свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 12.03.2020).

43. **Статья 22 ТК РФ.** Основные права и обязанности работодателя [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tkodeksrf.ru/ch-1/rzd-1/gl-2/st-22-tk-rf> (дата обращения 26.05.2020).
44. **Статья 21 ТК РФ.** Основные права и обязанности работника [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.trudkod.ru/chast-1/razdel-1/glava-2/st-21-tk-rf> (дата обращения 26.05.2020).
45. **СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03** «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
46. **ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ** «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
47. **СанПиН 2.2.4.548-96** «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
48. **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.
49. **СН 2.2.4/2.1.8.562-96** «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.»
50. **СП 52.13330.2016** Естественное и искусственное освещение
51. **Кнорринг, Г. М.** Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. – Л. : Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1981. – 288 с.
52. **ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ** Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
53. **ГОСТ 12.1.038–82** Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
54. **Метод коэффициента использования** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.websor.ru/metodkoefi.html> (Дата обращения: 02.06.2020).
55. **СНиП II-4-79** Естественное и искусственное освещение

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Раздел 2

### ALGORITHM NEURAL NETWORK FOR RECOGNIZING CAR NUMBERS PLATES

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM83	Адаричев Вадим Сергеевич		

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.		

## INTRODUCTION

**Relevance of work.** The task of license plate recognition is in demand in various vehicle control systems. These systems can be used by various government services, at checkpoints, speed control points, etc.

**Purpose of work.** The purpose of the work is to develop and implement an algorithm for the detection and recognition of license plates on images of real scenes with the use of artificial neural network apparatus.

**Setting the task.** Achievement of the set goal implies solving the following tasks:

- development and implementation of number plate detection algorithm;
- image pre-processing for further recognition;
- development and implementation of a license plate recognition algorithm;
- to conduct numerical experiments.

**Subject of study.** The subject of the study is artificial intelligence methods used in the algorithms of detection and recognition of car license plates. Applications of convolution neural networks for segmentation, as well as classifiers of digit-letter symbols of car license plates.

## 2 LICENSE PLATE NEURAL NETWORK ALGORITHM

### 2.1 Overall problem solution

The process of solving a car license plate recognition task can be presented in an overall manner in the following steps:

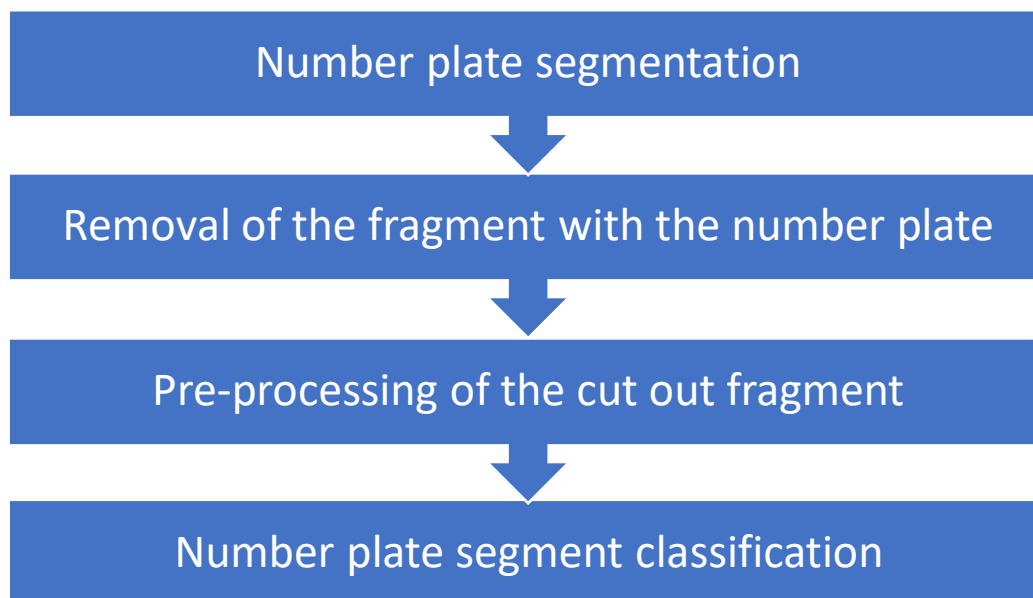


Figure 2.1 - General scheme for solving the task of license plate recognition

This work offers an algorithm for selecting and recognising a digital image of a car license plate.

### 2 Step-by-step work with the image

Let us take a closer look at the stages of problem solving.

#### 2.1 Number plate segmentation

CNN U-Net is used for number plate segmentation, the network architecture is shown in Figure 2.



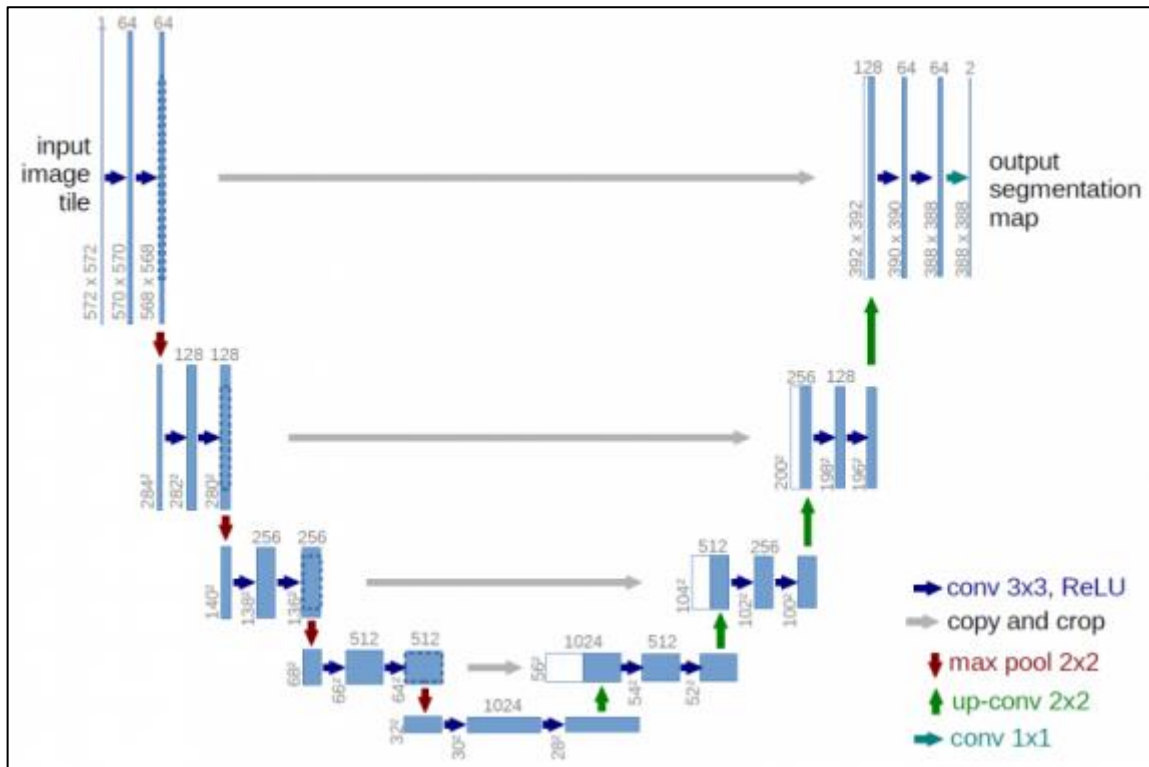


Figure 2.2 - U-Net Network Architecture.

In Figure 2.2, each blue square corresponds to a multi-channel property map. The number of channels is shown at the top of the square. The size is given at the bottom left edge of the square. The white squares are copies of the property map. The arrows indicate different operations.

The network architecture consists of a tapering track (left) and an expanding track (right). The narrowing path is a typical architecture of a convolution neural network [13]. It consists of the reapplication of two  $3 \times 3$  convolutions, followed by the ReLU activation function and the maximum coupling operation ( $2 \times 2$  degree 2) to reduce the resolution.

At each step of the sampling reduction, the property channels are doubled. Each step in the expanding path consists of an increasing sampling operation of the property map, followed by a property map:

- $2 \times 2$  convolution, which reduces the number of property channels;
- Combination with a correspondingly trimmed property map of the shrinking track;
- two  $3 \times 3$  coils, followed by a ReLU.

Cropping is necessary because of the loss of boundary pixels at each convolution.

On the last layer a  $1 \times 1$  convolution is used to compare each 64-component property vector with the desired number of classes [15], [16], [17].

*Setting up the network* is done by calculating the Dice coefficient (also called Sorensen-Dice coefficient [23]) or Jaccard similarity coefficient [24], which shows the measure of similarity [22] - in this case, showing the measure of area of correctly marked segments (the ratio of the intersection area to the area of association), then IoU (Intersection over union) [25].

The image of a real scene with a car license plate is fed to the neural network input. An example of the input image is shown in Figure 2.3.



Figure 2.3 - image fed to the input of the neural network

A mask covering the license plate is created for each image. An example of a mask for an image in Figure 2.3 is shown in Figure 2.4.



Figure 2.4 - Example of a mask fed to the input of a neural network

At the output of the neural network, we get a mask, then superimposing it on the original image, we get an image with a segmented number plate, Figure 2.5.



Figure 2.5 - Image received at the neural network output

## 2.2 Removal of the fragment with the number plate

For further work, the segmented number plate should be cut out, having received its coordinates.

To obtain coordinates, we will further work with the segmented fragment, the mask obtained at the neural network output in Fig. 2.6.

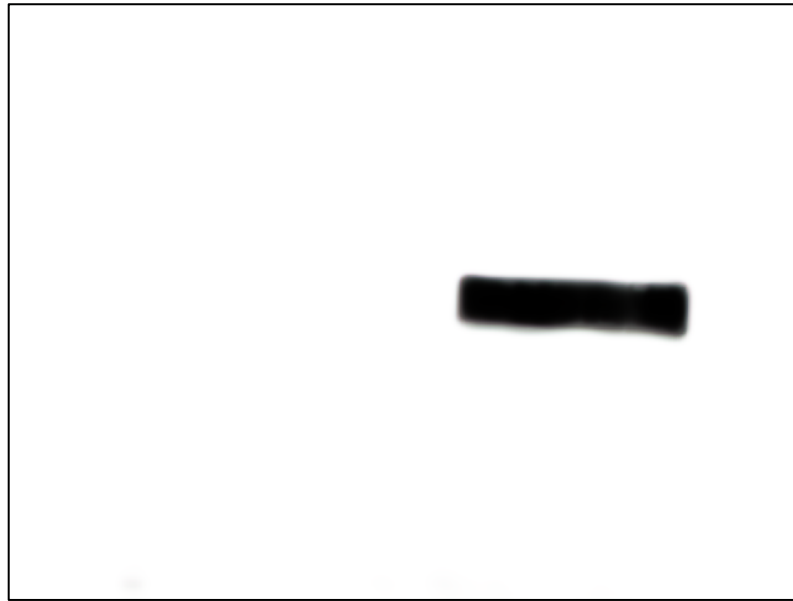


Figure 2.6 - Mask covering the number plate obtained at the neural network output

A two-way filter is applied to the mask, which is a non-linear, edge-smoothing filter for images. It replaces the intensity of each pixel with a weighted average of the intensity from neighboring pixels. This weight can be based on Gauss distribution. It is important that weights depend not only on the Euclidean distance in pixels, but also on radiometric differences (e.g. differences in range, such as color intensity, distance by depth, etc.). That allows keeping sharp edges [26], [27], [28], changes are practically not visible to the eye.

Then, to the filtered mask, the method of finding special points is applied, the Harris detector, which is the optimal detector of connected angles [29, 30]. Then, a new image is created, and the obtained points are superimposed on the found coordinates, the result is found in Fig. 2.7.

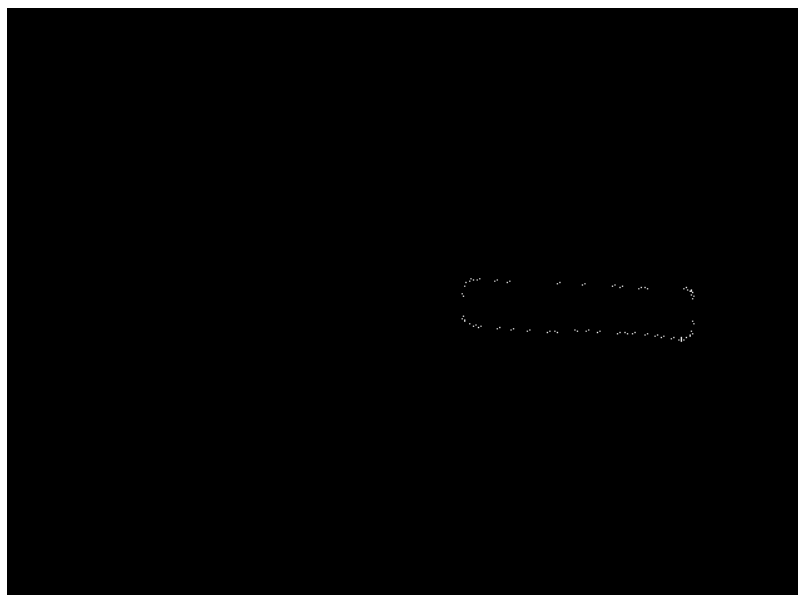


Figure 2.7 - Search result for special points

White pixels are areas of possible angles. You can find many corners adjacent to each other. To find four, you need to calculate the distance from one corner to another. Only the corners that exceeded a certain threshold are saved, this threshold changes until only four necessary points are found.



Figure 2.8 - Number plate cut out

After receiving the angles, these angles may be in the wrong order, sort them in the right order and build a new image on the obtained points - perspective [31], Fig. 2.8, with the help of OpenCV library tools [33], [33].

### 2.3 Pre-processing of the cut-out fragment

Then you need to get each individual alphabetic character.

**Conversion into shades of grey.** Grayscale is the color mode of images that are displayed in grayscale, placed in the form of a table as the standards for white color brightness. Most often a stepped image of a uniform series of optical densities of neutral-gray fields is used. It is widely applied in color science and color criticism, for an estimation and measurements of quality of a tone rendition at photographic shooting, scanning, at copying and printing processes (polygraphy).

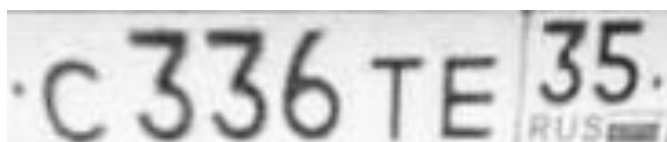


Figure 2.9 - Result of color space change  
(picture in gray scale)

To convert a color image into gray tones the OpenCV library's toolkit is used [34]. The result of the conversion is shown in Figure 2.9.

**Threshold treatment and binarization.** Next, the image is subjected to threshold processing and binarization. The result of binarization of the number plate image is shown in Figure 2.10.



Figure 2.10 - Threshold treatment result

**Exclusion of non-informative areas.** Not all areas are of interest to the plate recognition task. Using the method of linked components, separate segments from each other, replacing the pixel values of each separately standing segment with certain values [35], and then remove objects with an area less than the specified value, Figure 2.11.



Figure 2.11 - Result of exclusion of non-informative areas

**Segment extractions.** The next step is to cut out all the individual segments for subsequent recognition. Figure 2.12 shows the result of extracting the segments from the number plate image.



Figure 2.11 - Segment extraction result

Each extracted segment is given a size of  $28 \times 28$  pixels to form a feature vector for each digit-letter character on the number plate.

#### **2.4 Number plate segment classification**

The classification problem is the problem of assigning the image to one of the given sets [36]. Each region of the number plate image, obtained as a result of segmentation, is a digitally-letter image from the alphabet of acceptable characters.

The architecture of an artificial neural network (ANN) for the classification of numeric characters is presented as follows:

- 1 convolution layer with  $3 \times 3$  convolution window, with ReLU activation function
- 1 hidden full layer, with ReLU activation function
- a fully connected layer, with a logistic activation function at the network output.

A set of digit-and-letter images is submitted to the INN input, each of which is determined to a certain class at the output, then the final result is formed, which is a car license plate in text format.

An ensemble of artificial neural networks (ENN) is used to increase accuracy.

The ANS (committee) training uses a bagging algorithm. The algorithm is one of the basic algorithms, in which the committee decision is made by averaging the decisions of individual classifiers.

For training the classifiers the method of teaching sample separation (bootstrap) is used. The essence of the method is to divide the training sample into  $M$  equal non-intersecting parts by the number of used classifiers, and each classifier is trained without one part of data. Thus, the first classifier is trained without the first part, the second one without the second part, etc. This approach guarantees that each classifier is trained on different data.

The output signal of the INS ensemble is calculated by the formula when using the algorithm of tagging:

$$F(n) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M F_i(n)$$

where  $F_i(n)$  - the exit of the ANN, the  $M$ - number of INS forming an ensemble.

An additional penalty for the correlation of the ANN output signals is introduced into the target function:

$$E_i = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N E_i(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} (F_i(n) - d(n))^2 + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \lambda p_i(n) \rightarrow \min$$

where  $E_i(n)$  - the INS error in the  $n$ -m teaching example,  $d(n)$  - the required output signal for the  $n$ -th teaching example,  $N$  is the size of the teaching sample,  $\lambda$  - the parameter regulating the effect of the fine.

The second addendum is calculated as follows:

$$p_i(n) = (F_i(n) - F(n)) \sum_{j \neq i}^N F_j(n) - F(n)$$

Minimizing the target function (TF) for an ensemble corresponds to minimizing the target function for each network individually. The formation of an ensemble takes place using homogeneous architectures.



## CONCLUSION

The task of automatic license plate recognition on digital images was solved by many researchers. The paper considers its own algorithm for solving the problem. Automobile license plate recognition systems are used to control entry and exit of vehicles from the territory of enterprises, parking lots, control the flow of traffic.

Existing commercial car license plate recognition systems do not always provide users with information about the methods of artificial intelligence used in the task of recognition of digit-and-letter characters. In the work presented a number of analytical tasks to determine the algorithms used in the systems. The data on the comparative analysis of systems are received from open independent sources.

Analytical review of the existing methods and software systems of license plate recognition is performed. Their comparative analysis is carried out, the list of software products suitable for a certain range of target tasks related to license plate recognition is determined.

For segmentation of car license plates the architecture of CNN U-Net is used, which showed good segmentation results in other areas. It was possible to achieve 94,8% accuracy in number plate segmentation on a test data set.

The possibility of using artificial neural networks as well as their ensembles as classification elements has been investigated. The comparative analysis of different architectures and sizes of committees allows to make a reasoned choice of a classifying element in the offered algorithm of recognition.

The developed neural network algorithm of recognition of automobile license plates allows achieving the recognition accuracy of 92,1%. The results were obtained on selected samples of car license plates in the public domain. The obtained recognition accuracy is comparable to the existing analogues.