

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и кибербезопасности

Работа допущена к защите
Директор ВШТИИ
_____ В.А. Мулюха
« _____ » _____ 2024 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАБОТА БАКАЛАВРА
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ
АВТОМОБИЛЕЙ НА ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ НА ОСНОВЕ
ОПТИЧЕСКИХ И ИНФРАКРАСНЫХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки
Направленность (профиль) 02.03.01_01 Системы искусственного интеллекта и
суперкомпьютерные технологии

Выполнил
студент гр. 5130201/00101

П.Е. Глезова

Руководитель
доцент ВШТИИ ИКНК,

М.А. Курочкин

Консультант
по нормоконтролю

Ю.П. Хотякова

Санкт-Петербург
2024

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Институт компьютерных наук и кибербезопасности

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВШТИИ

_____ В.А. Мулюха

« _____ » _____ 2024г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

студенту Глезовой Полине Евгеньевне гр. 5130201/00101

1. Тема работы: Разработка алгоритма локализации грузовых автомобилей на пересеченной местности на основе оптических и инфракрасных снимков с использованием методов машинного обучения.
2. Срок сдачи студентом законченной работы¹: дд.мм.202X.
3. Исходные данные по работе²: статистические данные с сайта [3.0], а также из репозитория [3.0]; основным источником литературы является монография [3.0] и статья [3.0].
 - 3.0. Сайт Федеральной службы государственной статистики. — URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 06.03.2019).
 - 3.0. *Adams P.* The title of the work // The name of the journal. — 1993. — Vol. 4, no. 2. — P. 201–213.
 - 3.0. *Babington P.* The title of the work. Vol. 4. — 3rd ed. — The address: The name of the publisher, 1993. — 255 p. — (Ser.: 10).
 - 3.0. The UC Irvine Machine Learning Repository. — URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml> (visited on 06.03.2019).
4. Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

¹Определяется руководителем ОП, но не позднее последнего числа преддипломной практики и/или не позднее, чем за 20 дней до защиты в силу п. 6.1. «Порядка обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ и проверки письменных работ на объем заимствований».

²Текст, который подчеркнут и/или выделен в отдельные элементы нумерационного списка, приведён в качестве примера.

- 4.1. Обзор литературы по теме ВКР.
- 4.2. Исследование программных продуктов.
- 4.3. Разработка метода/алгоритма/программы.
- 4.4. Апробация разработанного метода/алгоритма/программы.
- 5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей):
 - 5.1. Схема работы метода/алгоритма.
 - 5.2. Архитектура разработанной программы/библиотеки.
- 6. Консультанты по работе³:
 - 6.1. Должность, степень, И.О. Фамилия.
 - 6.2. Должность, степень, Ю.П. Хотякова (нормоконтроль).
- 7. Дата выдачи задания⁴: дд.мм.202Х.

Руководитель ВКР _____ М.А. Курочкин

Консультант⁵ _____ И.О. Фамилия

Задание принял к исполнению дд.мм.202Х

Студент _____ П.Е. Глезова

³Подпись консультанта по нормоконтролю пока не требуется. Назначается всем по умолчанию.

⁴Не позднее 3 месяцев до защиты (утверждение тем ВКР по университету) или первого числа преддипломной практики или по решению руководителя ОП или подразделения (открытый вопрос).

⁵В случае, если есть консультант, отличный от консультанта по нормоконтролю.

РЕФЕРАТ

На 42 с., 2 рисунка, 4 таблицы, 2 приложения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СТИЛЕВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ САЙТА, УПРАВЛЕНИЕ КОНТЕНТОМ, PHP, MYSQL, АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ.⁶

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка алгоритма локализации грузовых автомобилей на пересеченной местности на основе оптических и инфракрасных снимков с использованием методов машинного обучения»⁷.

В данной работе изложена сущность подхода к созданию динамического информационного портала на основе использования открытых технологий Apache, MySQL и PHP. Даны общие понятия и классификация IT-систем такого класса. Проведен анализ систем-прототипов. Изучена технология создания указанного класса информационных систем. Разработана конкретная программная реализация динамического информационного портала на примере портала выбранной тематики...⁸

В данной работе изложена сущность подхода к созданию динамического информационного портала на основе использования открытых технологий Apache, MySQL и PHP. Даны общие понятия и классификация IT-систем такого класса. Проведен анализ систем-прототипов. Изучена технология создания указанного класса информационных систем. Разработана конкретная программная реализация динамического информационного портала на примере портала выбранной тематики...

ABSTRACT

42 pages, 2 figures, 4 tables, 2 appendices

⁶Всего **слов**: от 3 до 15. Всего **слов и словосочетаний**: от 3 до 5. Оформляются в именительном падеже множественного числа (или в единственном числе, если нет другой формы), оформленных по правилам русского языка. *Внимание! Размещение сноски после точки является примером как запрещено оформлять сноски.*

⁷Реферат **должен содержать**: предмет, тему, цель ВКР; метод или методологию проведения ВКР; результаты ВКР; область применения результатов ВКР; выводы.

⁸ОТ 1000 ДО 1500 печатных знаков (ГОСТ Р 7.0.99-2018 СИБИД) на русский или английский текст. Текст реферата повторён дважды на русском и английском языке для демонстрации подхода к нумерации страниц.

KEYWORDS: STYLE REGISTRATION, CONTENT MANAGEMENT, PHP, MYSQL, SYSTEM ARCHITECTURE.

The subject of the graduate qualification work is «Title of the thesis».

In the given work the essence of the approach to creation of a dynamic information portal on the basis of use of open technologies Apache, MySQL and PHP is stated. The general concepts and classification of IT-systems of such class are given. The analysis of systems-prototypes is lead. The technology of creation of the specified class of information systems is investigated. Concrete program realization of a dynamic information portal on an example of a portal of the chosen subjects is developed...

In the given work the essence of the approach to creation of a dynamic information portal on the basis of use of open technologies Apache, MySQL and PHP is stated. The general concepts and classification of IT-systems of such class are given. The analysis of systems-prototypes is lead. The technology of creation of the specified class of information systems is investigated. Concrete program realization of a dynamic information portal on an example of a portal of the chosen subjects is developed...

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Глава 1. Обзор предметной области.....	9
1.1. Задача обеспечения безопасности	9
1.2. Существующие методы обеспечения безопасности	11
1.2.1. Физическая охрана.....	11
1.2.2. Инженерно-технические средства охраны	11
1.2.3. Технические средства охраны.....	13
1.2.4. Технические средства обнаружения несанкционированного доступа	14
1.3. Выводы	16
Глава 2. Название второй главы: разработка метода, алгоритма, модели исследования.....	17
2.1. Название параграфа	17
2.2. Название параграфа	17
2.2.1. Название подпараграфа	17
2.3. Выводы	17
Глава 3. Разработка метода решения задачи.....	17
3.1. Измерение инфракрасного излучения	17
3.1.1. Погрешности измерения инфракрасного излучения	22
3.1.2. Коэффициент доверия.....	22
3.2. Использование методов машинного обучения.....	25
3.3. Анализ методов машинного обучения	27
3.3.1. Сверточные нейронные сети.....	27
3.3.2. Aggregate Channel Features.....	28
3.3.3. <i>Deformable Part Models</i>	29
3.3.4. Случайный лес	31
3.3.5. Сравнительный анализ	32
3.4. Разработка гибридного алгоритма	36
3.5. Выводы	36
Глава 4. Название четвёртой главы. Апробация результатов исследования, а именно: метода, алгоритма, модели исследования	36
4.1. Название параграфа.....	36
4.2. Название параграфа	36
4.3. Выводы	36
Заключение	37
Список сокращений и условных обозначений.....	38

Словарь терминов.....	39
Список использованных источников.....	40
Приложение 1. Краткие инструкции по настройке издательской системы L ^A T _E X	43
Приложение 2. Некоторые дополнительные примеры	47

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная локализация транспортных средств, в частности грузовых автомобилей на пересеченной местности, представляет собой сложную задачу, требующую использования современных технологий.

Пересеченная местность включает в себя разнообразные природные условия, например, смешанный лес, и характеризуется наличием 20% и более различного рода препятствий, затрудняющих передвижение. Эти препятствия могут быть как естественного происхождения (деревья, склоны, реки), так и искусственно созданными объектами (заборы, рельсовые пути), что значительно усложняет процесс обнаружения и идентификации объектов. Одним из перспективных подходов к решению данной задачи является анализ оптических и инфракрасных снимков.

Инфракрасные снимки, полученные с тепловизоров, позволяют обнаруживать объекты на основе их тепловых характеристик. Оптические снимки, полученные с помощью видеокамер, дают четкое визуальное представление об объектах на местности. Эти данные хорошо дополняют тепловизионные, обеспечивая многосторонний анализ.

Для размещения видеокамер и тепловизоров используются беспилотные летательные аппараты. Они обеспечивают высокую мобильность, позволяя эффективно обследовать труднодоступные зоны и получать данные в режиме реального времени.

Методы машинного обучения являются важным инструментом для обработки и анализа данных, полученных с видеокамер и тепловизоров. Современные алгоритмы машинного обучения позволяют эффективно совмещать и интерпретировать данные, выявляя ключевые признаки, указывающие на наличие грузовых автомобилей на исследуемой территории. Это позволяет создавать интеллектуальные системы, способные автоматически обнаруживать и локализовать транспортные средства с высокой точностью.

Разработка алгоритма локализации грузовых автомобилей на пересеченной местности имеет критическое значение для обеспечения безопасности на охраняемых территориях. Предлагаемая интеллектуальная система обнаружения транспортных средств позволит своевременно выявлять грузовые автомобили, проникающие на охраняемые территории. Данный подход будет способствовать предотвращению несанкционированного проникновения, повысит уровень безопасности объектов и территорий, находящихся под охраной.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

В данной главе рассмотрены основные методы обеспечения безопасности объектов в условиях современных угроз. Описаны различные формы охраны, такие как государственная, ведомственная и вневедомственная, а также способы организации охраны объектов по периметру и внутри территории. Особое внимание уделено существующим инженерно-техническим средствам охраны, системам видеонаблюдения, контроля доступа и сигнализации. Также подробно проанализированы технические средства обнаружения несанкционированного доступа. В заключение представлены выводы о необходимости разработки автономных интеллектуальных методов охраны территорий для повышения уровня безопасности.

1.1. Задача обеспечения безопасности

В современных условиях резкого осложнения криминогенной обстановки, роста числа террористических и диверсионных актов проблема обеспечения безопасности объектов входит в разряд приоритетных задач, как для государственных организаций, так и для организаций любой другой формы собственности и для собственников любых видов недвижимости.

По субъектам организации охранной деятельности различаются:

- государственная охрана, представляющая собой специализированные автономные организационные структуры, предназначенные для охраны объектов особой государственной важности, перечень которых устанавливается специальными нормативными актами правительства;
- ведомственная охрана, представляет собой специализированные, вооруженные (как правило) подразделения, осуществляющие охрану различных объектов, входящих в структуру определенного ведомства;
- вневедомственная охрана это специализированные подразделения, осуществляющие охрану объектов, принадлежащих различным ведомствам и частным лицам, на контрактной, возмездной основе.

Формы организации, номенклатура охранных услуг, методы и средства реализации охранной деятельности в основном определяются тем, какому субъекту охранной деятельности подведомственен данный объект, кем он охраняется - государством, ведомством, вневедомственной государственной или частной охраной.

На подступах к объектам охраны создаются активные и пассивные защитные препятствия, например: система физических препятствий (инженерные заграждения), специальное оборудование мест хранения секретных документов, контрразведывательное обеспечение.

Надежность охраны достигается детальным построением системы охраны, правильной организацией и бдительным несением службы нарядами.

В зависимости от местности, характера и категории объекта и других особенностей охрана объектов может быть организована следующими способами:

1. По периметру. Технические средства охраны выставляются на границе охраняемой территории и преграждают доступ к объекту вне пропускных пунктов (именно таким способом, как правило, охраняются некоторые режимные объекты).
2. По отдельным объектам. Личный состав выставляется непосредственно на охраняемом объекте (примером такого способа охраны может быть порядок организации охраны складов МВД по хранению боеприпасов).
3. Смешанным способом. По периметру и отдельным объектам одновременно.
4. Способом оперативного дежурства. Охранные функции осуществляются комплексом инженерно-технических средств охраны при дежурном состоянии сил охраны (примером такого способа охраны является организация охраны любой атомной электростанции).

На основе изученных статистических данных, можно сделать вывод, что охраняемые объекты наиболее часто подвергаются следующим видам угроз:

- несанкционированное проникновение на территорию;
- несанкционированное получение информации об объекте или иной закрытой информации путем установки на объекте скрытых средств негласного получения информации;
- нападение на охраняемый объект с целью хищения материальных ценностей;
- угрозы жизни и здоровью персонала и посетителей объекта, в том числе взятие заложников с целью достижения иных целей;
- нарушение инфраструктуры и линий жизнеобеспечения объекта охраны;
- нарушение режима работы объекта, с целью прекращения его функционирования;
- саботаж технических средств охраны.

1.2. Существующие методы обеспечения безопасности

Методы обеспечения безопасности объектов включают в себя широкий спектр мер, направленных на предотвращение и минимизацию рисков, связанных с несанкционированным доступом, диверсиями, террористическими актами и другими угрозами. Рассмотрим основные существующие методы обеспечения безопасности.

1.2.1. Физическая охрана

Физическая охрана объектов заключается в использовании специально обученного персонала для защиты территории и имущества от различных угроз. Может быть реализована различными способами.

1. Патрулирование территории.

Сотрудники охраны проводят регулярные обходы по территории объекта с целью выявления и предотвращения возможных угроз. Патрулирование может осуществляться как пешком, так и на транспортных средствах.

2. Посты охраны.

Размещение стационарных постов охраны на ключевых точках объекта, таких как въезды и выезды, зоны повышенного риска или наиболее уязвимые участки периметра.

3. Контрольно-пропускные пункты (КПП).

Организация пропускного режима с использованием систем идентификации (карты доступа, биометрические данные), журналов регистрации посетителей и персонала, а также физического контроля со стороны сотрудников охраны.

1.2.2. Инженерно-технические средства охраны

В современных условиях для обеспечения охраны территорий используются разнообразные инженерно-технические средства. Эти средства могут включать как естественные, так и искусственные барьеры, которые препятствуют незаконному проникновению на охраняемую территорию. Основное внимание уделяется искусственным заградительным сооружениям, которые обеспечивают физическую защиту периметра объекта, элементов зданий и помещений от несанкционированного доступа.

А. Заграждения и противотаранные устройства.

1. Колючая проволока и армированная колючая лента. Используются для создания заграждений, которые затрудняют или делают невозможным преодоление препятствия. АКЛ обладает высокой прочностью, упругостью и стойкостью к коррозии благодаря оцинкованному покрытию. Этот тип заграждения является одним из самых распространенных и недорогих средств защиты.
2. Сварные сетчатые панели. Применяются для ограждения промышленных объектов, объектов городской инфраструктуры и частной собственности. Конструкции таких заграждений могут включать различные дополнительные технические средства обнаружения, имеют минимальные сроки монтажа и хорошо вписываются в городскую инфраструктуру.
3. Просечная вытяжная сетка. Обеспечивает устойчивость к ветровым нагрузкам и может быть выполнена из различных материалов, таких как низкоуглеродистая сталь, алюминий или оцинкованная сталь.
4. Сварные трубы и радиопрозрачные заграждения. Сварные трубы часто используются для создания прочных ограждений, покрытых полимерными материалами. Радиопрозрачные заграждения, выполненные из пластика и стеклопластика, предназначены для защиты радиотехнических комплексов, так как они не препятствуют приему и передаче электромагнитных волн.
5. Электрошоковые заграждения. Используются для создания высокоэффективных барьеров с применением безопасного электрошокового воздействия. Эти заграждения питаются от напряжения 220В и вызывают болезненные ощущения, вынуждая злоумышленника отказаться от противоправных действий.
6. Железобетонные противотаранные заграждения. Обеспечивают надежную защиту от таранных атак. Внутри железобетонных плит могут прокладываться кабели для систем сигнализации и видеонаблюдения.

В. Средства регулирования доступа.

1. Шлагбаумы. Используются для контроля въезда и выезда автотранспорта на охраняемую территорию. Управление шлагбаумами может осуществляться с пульта охраны, пульта-брелока водителя или с помощью бесконтактных карт и жетонов.
2. Ворота. Существуют различные типы ворот, такие как распашные, откатные и консольные. Они могут быть оснащены датчиками контроля положения, электроприводами и дополнительными заградительными элементами.
3. Противотаранные устройства и блокираторы. Включают мобильные блоки, выдвижные столбы и стационарные дорожные блокираторы, предназначенные для предотвращения несанкционированного проезда автотранспорта. Некоторые устройства могут оснащаться датчиками для обнаружения ударов или вибраций.
4. Дорожные шипы и козырьковые заграждения. Дорожные шипы предназначены для принудительной остановки автотранспорта, пробивая шины. Козырьковые заграждения устанавливаются на верхней части ограждений для предотвращения перелазов.

1.2.3. Технические средства охраны

Современные технологии позволяют существенно повысить уровень безопасности объектов. Технические средства охраны включают в себя следующее.

А. Системы видеонаблюдения.

Установка камер видеонаблюдения по периметру и внутри объекта позволяет осуществлять круглосуточный мониторинг и запись событий. Современные системы видеонаблюдения имеют разные уровни сложности: от одной камеры с монитором до многокамерных компьютерных систем с цифровой обработкой изображения в реальном времени. Основные типы видеокамер представлены ниже.

1. Цветные, черно-белые и камеры с режимом «день-ночь». Черно-белые камеры обладают большим разрешением и чувствительностью, что делает их подходящими для наблюдения за далеко удаленными объектами. Камеры с режимом «день-ночь» автоматически переключаются между цветным и черно-белым

режимами в зависимости от уровня освещенности, что позволяет вести наблюдение даже в полной темноте.

2. Видеокамеры различной конструкции: стационарные, поворотные, цилиндрические, купольные и уличные. Поворотные камеры позволяют наблюдать за обширными зонами, а купольные высокоскоростные камеры оснащены трансфокаторами, позволяющими изменять масштаб изображения.
3. Беспроводные системы видеонаблюдения, которые используются в случаях, когда прокладка кабелей невозможна или нежелательна, например, в зданиях с архитектурной ценностью или в кабинах лифтов. Беспроводное видеонаблюдение может быть организовано с использованием Wi-Fi модулей, но требует учета возможных проблем с устойчивостью сигнала.

Важным элементом системы видеонаблюдения являются видеорегистраторы, которые записывают, обрабатывают и хранят видеоданные. Существуют различные типы видеорегистраторов: цифровые *DVR*, сетевые *NVR* и гибридные *HDVR*, а также программные комплексы для ПК.

В. Системы контроля доступа.

Использование электронных замков, турникетов, шлюзов и других устройств для регулирования доступа на территорию объекта. Данные системы интегрируются с базами данных сотрудников и посетителей, обеспечивая индивидуальные уровни доступа и фиксируя все попытки входа и выхода.

С. Системы сигнализации.

Установка охранных, пожарных и тревожных сигнализаций, которые автоматически оповещают службу безопасности и экстренные службы о возникновении угрозы. Сигнализация может быть оснащена датчиками движения, разбития стекла, дыма, газа и других параметров.

1.2.4. Технические средства обнаружения несанкционированного доступа

Современные системы безопасности играют ключевую роль в охране периметров объектов от несанкционированного доступа. Эти системы включают

разнообразные технические средства, направленные на своевременное выявление попыток вторжения и предотвращение угроз.

Одним из основных элементов таких систем являются объемные ультразвуковые извещатели. Эти устройства предназначены для обнаружения проникновения в охраняемую конструкцию и перемещения предметов внутри нее. Ультразвуковой извещатель состоит из блока обработки сигнала, акустического излучателя и приемника. Излучающий элемент преобразует электрическое напряжение в акустические колебания, которые заполняют охраняемый объем. Приемный элемент фиксирует эти колебания и передает их в блок обработки сигнала, который, в зависимости от заложенного алгоритма, формирует извещение о нарушении.

Для охраны периметров также широко используются цифровые оптико-электронные пассивные инфракрасные извещатели. Эти устройства устанавливаются на открытых территориях и предназначены для обнаружения движения в пределах охраняемой зоны. Принцип их работы основан на фиксации инфракрасного излучения, излучаемого объектами, движущимися в зоне контроля. Прибор анализирует изменение теплового поля и, при выявлении подозрительной активности, передает сигнал тревоги на центральный пульт охраны.

Важным компонентом систем обнаружения несанкционированного доступа являются вибрационные извещатели, устанавливаемые на ограждениях и других конструкциях периметра. Эти извещатели реагируют на механические колебания и вибрации, возникающие при попытках преодоления или повреждения барьеров. Высокая чувствительность позволяет фиксировать даже незначительные попытки воздействия, обеспечивая своевременное реагирование на угрозы.

Системы радиолучевого обнаружения применяются для создания невидимых барьеров на границе охраняемой территории. Они состоят из передатчика и приемника, между которыми создается радиочастотное поле. Нарушение этого поля вследствие движения объекта приводит к генерации сигнала тревоги. Радиолучевые системы эффективны на открытых пространствах и могут покрывать большие периметры.

Современные средства обнаружения также включают оптоволоконные датчики, которые интегрируются в структуры ограждений. Эти датчики фиксируют изменения в световом потоке, передаваемом по оптоволоконным кабелям, вызванные деформацией или вибрацией ограждений. Высокая точность и устойчивость к внешним условиям делают оптоволоконные системы надежным инструментом в обеспечении периметровой безопасности.

Каждое из этих технических средств обладает своими преимуществами и особенностями, которые определяют их использование в зависимости от конкретных требований объекта охраны. Комплексное применение различных типов извещателей позволяет создавать многоуровневую систему безопасности, способную эффективно противостоять различным видам угроз.

1.3. Выводы

Представленные методы обеспечения охраны территорий, включая инженерно-технические средства, системы видеонаблюдения, контроля доступа и сигнализации, представляют собой многообразные и технологически продвинутые решения для предотвращения несанкционированного доступа и защиты объектов. Однако, несмотря на их эффективность и многоуровневый подход, эти методы имеют ряд существенных недостатков и ограничений.

Физическая охрана и технические средства требуют значительных финансовых затрат на установку, обслуживание и модернизацию. Они также зависят от человеческого фактора, что может привести к ошибкам и нарушениям безопасности. Инженерно-технические ограждения, которые обеспечивают физические барьеры, не всегда могут реагировать на динамические угрозы и требуют постоянного мониторинга.

Системы контроля доступа и сигнализации обеспечивают высокий уровень защиты, но часто сложны в интеграции и эксплуатации. Они требуют постоянного обновления и адаптации к новым угрозам и технологиям. Более того, в случае кибератак или технических сбоев эти системы могут быть выведены из строя, что существенно снижает уровень безопасности.

Таким образом, представленные методы, хотя и обеспечивают базовый уровень защиты, не всегда могут эффективно и оперативно реагировать на угрозы. Для повышения уровня безопасности необходимо разрабатывать и внедрять автономные интеллектуальные методы охраны территорий. Такие системы, основанные на искусственном интеллекте и машинном обучении, способны самостоятельно анализировать большие объемы данных, предотвращать потенциальные угрозы, адаптироваться к изменяющимся условиям и минимизировать зависимость от человеческого фактора. Интеллектуальные системы охраны могут значительно повысить уровень безопасности, обеспечивая более надежную и устойчивую защиту объектов в современных условиях.

ГЛАВА 2. НАЗВАНИЕ ВТОРОЙ ГЛАВЫ: РАЗРАБОТКА МЕТОДА, АЛГОРИТМА, МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Название параграфа

2.2. Название параграфа

2.2.1. Название подпараграфа

2.3. Выводы

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

3.1. Измерение инфракрасного излучения

Все объекты, температура которых превышает температуру абсолютного нуля излучают электромагнитное тепловое излучение. Согласно распределению длин волн, излучаемая энергия имеет зависимость от температуры поверхности объекта, которую можно описать законом излучения Планка:

$$M(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad (3.1)$$

где $M(\lambda, T)$ величина излучения абсолютно черного тела. c_1 и c_2 первая и вторая константы излучения соответственно. λ длина волны излучения и T абсолютная температура черного тела. Когда $\exp(c_2/\lambda T) \gg 1$, формулу Планка можно заменить следующей формулой смещения Вина:

$$M_b(\lambda, T) = c_1 \lambda^{-5} e^{-c_2/\lambda T} \quad (3.2)$$

Закон смещения Вина указывает на то, что чем выше температура объекта, тем короче длина волны его спектра излучения, и центральный пик смещается в сторону коротких волн. Однако излучаемая энергия, поступающая на чувствительную поверхность датчика, в реальных измерениях включает не только излучаемую

энергию целевого объекта, но также энергию окружающих объектов и атмосферы. Поэтому спектральную излучательную способность поверхности целевого объекта можно выразить следующим образом:

$$L_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{obj}}) + (1 - \alpha_{\lambda}) M_b(\lambda, T_{\text{sur}}) \quad (3.3)$$

где ε_{λ} и T_{obj} излучательная способность и температура целевого объекта соответственно; $\varepsilon_{\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{obj}})$ и $M_b(\lambda, T_{\text{sur}})$ это спектральная яркость целевого объекта и окружающей среды. α_{λ} поглощающая способность поверхности целевого объекта. T_{sur} температура окружающей среды.

Первый множитель в правой части уравнения (3.3) представляет собой спектральную яркость поверхности целевого объекта, а второй множитель — спектральную яркость окружающей среды, отраженную от целевого объекта. Излучение, действующее на систему измерения инфракрасного излучения, представлено на рисунке 3.1, основными источниками которого являются окружающая среда, объект и атмосфера. Это может быть выражено как:

$$E_{\lambda} = A_{\text{obj}} d^{-2} \left[\tau_{\alpha\lambda} \varepsilon_{\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{obj}}) + \tau_{\alpha\lambda} (1 - \alpha_{\lambda}) \cdot M_b(\lambda, T_{\text{sur}}) + \varepsilon_{\alpha\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{atm}}) \right] \quad (3.4)$$

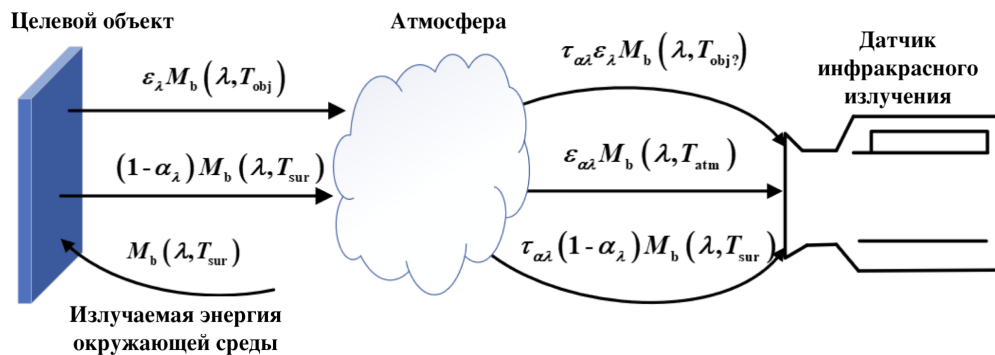


Рис.3.1. Принципиальная схема получаемой энергии системы измерения инфракрасного излучения

где A_{obj} — видимая площадь целевого объекта, соответствующая минимальному углу тензора датчика инфракрасного излучения, а d — расстояние от целевого объекта до датчика инфракрасного излучения. В общем случае $A_{\text{obj}} d^{-2}$ является константой. $\tau_{\alpha\lambda}$, $\varepsilon_{\alpha\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{atm}})$, $\varepsilon_{\alpha\lambda}$ и T_{atm} — это спектральная пропускная способность, излучение, коэффициент излучения и температура атмосферы соответственно.

Полученная инфракрасная излучаемая энергия преобразуется датчиком в сигнал тока, то есть падающая инфракрасная излучаемая энергия интегрируется по

полосе пропускания $\Delta\lambda$. Следовательно, зависимость между излучаемой энергией и током можно выразить следующим образом:

$$I_0 = \int_{\Delta\lambda} A_R R_\lambda E_\lambda \tau_f d\lambda \quad (3.5)$$

где I_0 — выходной сигнал тока датчика. E_λ — освещенность радиации, полученная инфракрасной измерительной системой. A_R — площадь инфракрасной фокусирующей линзы. R_λ — спектральная чувствительность инфракрасного датчика. τ_f — пропускная способность оптической системы. Выходной ток можно преобразовать в сигнал напряжения через цепь преобразования I/V, что можно выразить следующим образом:

$$V_{\text{out}} = \int_{\Delta\lambda} R A_{\text{obj}} d^{-2} A_R \tau_f R_\lambda [\tau_{\alpha\lambda} \varepsilon_\lambda M_b(\lambda, T_{\text{obj}}) + \tau_{\alpha\lambda} (1 - \alpha_\lambda) M_b(\lambda, T_{\text{sur}}) + \varepsilon_{\alpha\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{atm}})] d\lambda \quad (3.6)$$

где R — нагрузка.

Уравнение (3.6) указывает, что существует множество факторов, влияющих на измерение инфракрасной температуры. На самом деле, эффективная площадь линзы, пропускная способность оптической системы и нагрузка определяются после спецификации аппаратного обеспечения системы измерения температуры. Когда $K = R A_R T \tau_f$, уравнение (3.6) можно упростить следующим образом:

$$V_{\text{out}} = K A_{\text{obj}} d^{-2} \int_{\Delta\lambda} R_\lambda [\tau_{\alpha\lambda} \varepsilon_\lambda \cdot M_b(\lambda, T_{\text{obj}}) + \tau_{\alpha\lambda} (1 - \alpha_\lambda) M_b(\lambda, T_{\text{sur}}) + \varepsilon_{\alpha\lambda} M_b(\lambda, T_{\text{atm}})] d\lambda \quad (3.7)$$

В таблице 3.1 представлено подробное описание переменных уравнения (3.7).

Из уравнения (3.7) видно, что точность измерений зависит от температуры окружающей среды, расстояния и угла измерения при определенной излучательной способности черного тела.

Таблица 3.1

Описание переменных уравнения (3.7)

Переменная	Описание	Источник значения	Единица измерения
V_{out}	Выходное напряжение на инфракрасном датчике	Результат измерений	Вольт (V)
K	Константа, определяющая параметры оптической системы инфракрасного датчика: площадь линзы, пропускная способность линзы	Задается характеристиками инфракрасного детектора	Безразмерная величина
A_{obj}	Видимая площадь наблюдаемого объекта	Определяется геометрией объекта и углом зрения инфракрасного датчика	Квадратные метры (m^2)
d	Расстояние от наблюдаемого объекта до инфракрасного датчика	Измеряется в экспериментальных условиях	Метры (м)
$\Delta\lambda$	Спектральный диапазон измерений	Задается характеристиками инфракрасного датчика	Микрометры (μm)
R_λ	Спектральная чувствительность инфракрасного датчика	Задается характеристиками инфракрасного датчика	Безразмерная величина

Таблица 3.1

Описание переменных уравнения (3.7)

Переменная	Описание	Источник значения	Единица измерения
$\tau_{\alpha\lambda}$	Спектральная пропускная способность атмосферы	Табличные или экспериментальные данные	Безразмерная величина
ε_{λ}	Излучательная способность объекта	Табличные данные	Безразмерная величина
$M_b(\lambda, T_{obj})$	Спектральная плотность излучения объекта при температуре T_{obj}	Вычисляется по закону Планка	Ватты на квадратный метр на микрометр ($\text{Вт/м}^2/\mu\text{ м}$)
$M_b(\lambda, T_{sur})$	Спектральная плотность излучения окружающей среды при температуре T_{sur}	Вычисляется по закону Планка	Ватты на квадратный метр на микрометр ($\text{Вт/м}^2/\mu\text{ м}$)
$\tau_{\alpha\lambda}(1 - \alpha_{\lambda})$	Фактор отражения излучения окружающей среды	Табличные или экспериментальные данные	Безразмерная величина
$M_b(\lambda, T_{atm})$	Спектральная плотность излучения атмосферы при температуре T_{atm}	Вычисляется по закону Планка	Ватты на квадратный метр на микрометр ($\text{Вт/м}^2/\mu\text{ м}$)
$\varepsilon_{\alpha\lambda}$	Спектральная излучательная способность атмосферы	Табличные или экспериментальные данные	Безразмерная величина

3.1.1. Погрешности измерения инфракрасного излучения

В практическом применении при проведении измерения инфракрасного излучения существенное значение имеет выявление и устранение систематических и случайных погрешностей, оказывающих влияние на результаты измерения.

Систематические погрешности заключены в конструкции измерительного прибора, а также зависят от его выбора в соответствии с требованиями к совершенству измерения (разрешающей способности, поля зрения и т.п.).

Случайными погрешностями, возникающими при проведении измерения инфракрасного излучения, могут являться:

- коэффициент излучения материала;
- солнечная радиация;
- расстояние до объекта;
- тепловое отражение и т.п.

3.1.2. Коэффициент доверия

Для вычисления уровня доверия к результатам измерения на основе различных параметров, можно выбрать ключевые изменяемые параметры из формулы (3.7).

Основными параметрами, влияющими на измерения, являются:

- расстояние до объекта (d);
- угол наблюдения (θ);
- температура атмосферы (T_{atm});
- спектральная пропускная способность атмосферы ($\tau_{\alpha\lambda}$);
- спектральная излучательная способность объекта (ε_{λ})

Формула для вычисления уровня доверия

Предположим, что каждый параметр влияет на уровень доверия линейно и независимо. Можно назначить каждому параметру весовой коэффициент, отражающий его относительное влияние на общий уровень доверия.

$$D = w_d \cdot f_d(d) + w_{\theta} \cdot f_{\theta}(\theta) + w_{T_{\text{atm}}} \cdot f_{T_{\text{atm}}}(T_{\text{atm}}) + w_{\tau_{\alpha\lambda}} \cdot f_{\tau_{\alpha\lambda}}(\tau_{\alpha\lambda}) + w_{\varepsilon_{\lambda}} \cdot f_{\varepsilon_{\lambda}}(\varepsilon_{\lambda}) \quad (3.8)$$

Где:

- d — расстояние до объекта,
- θ — угол наблюдения,
- T_{atm} — температура атмосферы,

- $\tau_{\alpha\lambda}$ — спектральная пропускная способность атмосферы,
- ε_λ — излучательная способность объекта

Функции и веса

Для каждого параметра определим нормированные функции f_i , принимающие значения от 0 до 1, и весовые коэффициенты w_i , сумма которых равна 1.

1. Расстояние до объекта (d):

$$f_d(d) = \frac{1}{1 + k_d \cdot d}$$

Где k_d — коэффициент, определяющий, как быстро снижается уровень доверия с увеличением расстояния.

2. Угол наблюдения (θ):

$$f_\theta(\theta) = \cos(\theta)$$

Так как по закону Ламберта интенсивность радиации пропорциональна косинусу угла наблюдения.

3. Температура атмосферы (T_{atm}):

$$f_{T_{\text{atm}}}(T_{\text{atm}}) = 1 - \left| \frac{T_{\text{atm}} - T_{\text{opt}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} \right|$$

Где T_{opt} — оптимальная температура для измерений, T_{max} и T_{min} — максимальная и минимальная температуры, соответственно.

4. Спектральная пропускная способность атмосферы ($\tau_{\alpha\lambda}$):

$$f_{\tau_{\alpha\lambda}}(\tau_{\alpha\lambda}) = \tau_{\alpha\lambda}$$

Прямо пропорциональна пропускной способности атмосферы.

5. Излучательная способность объекта (ε_λ):

$$f_{\varepsilon_\lambda}(\varepsilon_\lambda) = \varepsilon_\lambda$$

Прямо пропорциональна излучательной способности объекта.

Пример весовых коэффициентов

Пусть весовые коэффициенты распределены следующим образом:

$$w_d = 0.3$$

$$w_\theta = 0.25$$

$$w_{T_{\text{atm}}} = 0.2$$

$$w_{\tau_{\alpha\lambda}} = 0.15$$

$$w_{\varepsilon_{\lambda}} = 0.1$$

С учетом вышеуказанных весов и функций, получаем формулу:

$$D = 0.3 \cdot \frac{1}{1 + k_d \cdot d} + 0.25 \cdot \cos(\theta) + 0.2 \cdot \left(1 - \left| \frac{T_{\text{atm}} - T_{\text{opt}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}} \right| \right) + 0.15 \cdot \tau_{\alpha\lambda} + 0.1 \cdot \varepsilon_{\lambda}$$

Пример набора параметров и расчет уровня доверия

Пусть:

$$d = 20 \text{ м}$$

$$\theta = 30^\circ$$

$$T_{\text{atm}} = 25^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{opt}} = 20^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{max}} = 35^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{min}} = 5^\circ \text{C}$$

$$\tau_{\alpha\lambda} = 0.85$$

$$\varepsilon_{\lambda} = 0.9$$

Тогда:

$$f_d(20) = \frac{1}{1 + k_d \cdot 20}, \text{ предположим } k_d = 0.05, \text{ тогда } f_d(20) = \frac{1}{1 + 1} = 0.5$$

$$f_{\theta}(30^\circ) = \cos(30^\circ) = \sqrt{3}/2 \approx 0.866$$

$$f_{T_{\text{atm}}}(25) = 1 - \left| \frac{25 - 20}{35 - 5} \right| = 1 - \frac{5}{30} = 0.833$$

$$f_{\tau_{\alpha\lambda}}(0.85) = 0.85$$

$$f_{\varepsilon_{\lambda}}(0.9) = 0.9$$

Подставляя значения в формулу:

$$D = 0.3 \cdot 0.5 + 0.25 \cdot 0.866 + 0.2 \cdot 0.833 + 0.15 \cdot 0.85 + 0.1 \cdot 0.9$$

$$D = 0.15 + 0.2165 + 0.1666 + 0.1275 + 0.09$$

$$D = 0.7506$$

3.2. Использование методов машинного обучения

Во многих известных оптических системах беспилотных летательных аппаратов используются алгоритмы распознавания и селекции объектов. В случае если целевой объект находится, например, высоко в воздухе, его детектирование можно осуществить оптическим контрастированием из-за хорошей отличимости объекта от окружающего фона (неба) или в инфракрасном диапазоне спектра из-за большой разности температур объекта и окружающей среды. Однако данные методы работают не столь эффективно для оптических устройств беспилотных летательных аппаратов, сканирующих Земную поверхность, т.к. сцены в этом случае становятся многообъектными и автоматическое обнаружение нужного объекта будет затруднено всевозможными помехами. В данном случае целесообразно рассмотреть методы распознавания образов с помощью алгоритмов машинного обучения и технологии искусственного интеллекта.

При построении систем управления движущимися объектами различного назначения особое внимание уделяется выбору типа и набора бортовых сенсорных устройств и их характеристик, обеспечивающих получение достоверной информации о состоянии окружающей среды и, как следствие, эффективное решение поставленной задачи управления в различных условиях применения. Большое распространение получили оптико-электронные системы для вывода на экран оператора видеоизображения, полученного при помощи тепловизионной (ТПВ) и телевизионной (ТВ) камер (рис. 3.2) .

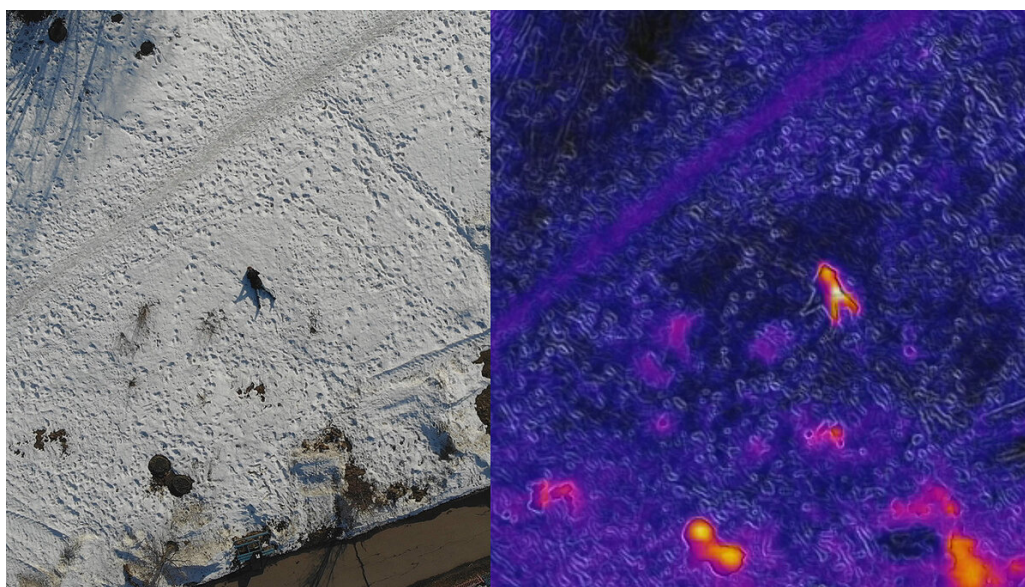


Рис.3.2. Пример съемки на Mavic 2 Enterprise Dual с высоты 40 метров

ТВ приборы обладают одним существенным недостатком: наличие дождя, снега, тумана и т.д. затрудняет видение в таких условиях либо вовсе исключает такую возможность. Проблема обеспечения видения в таких экстремальных условиях может быть решена с помощью тепловизионных приборов. Тепловизионные приборы также обладают рядом недостатков. Из-за своей низкой пространственной разрешающей способности они не выявляют мелких подробностей наблюдаемого пространства. Но самое главное – тепловизионные приборы позволяют видеть только те объекты, температура которых отличается от температуры окружающего фона, т.е. при наличии температурного контраста.

Полезными признаками для телевизионных изображений являются **[optical-prisnaki]**:

- форма,
- размеры,
- текстура,
- внутренняя структура объектов,
- окружение.

Полезными признаками для тепловизионных изображений являются:

- форма,
- максимальное/минимальное значение эмиссии,
- количество и расположение горячих пятен,
- окружение (среда).

Распознавание трехмерных объектов по их двумерным изображениям стало в последнее время одной из важнейших задач анализа сцен и компьютерного зрения. Под объектом понимается не только цифровое представление локального фрагмента двумерной сцены, но и некоторое его приближенное описание, в виде набора характерных свойств (признаков). Признаки – это измерения, используемые для классификации объектов **[rasposnavanie]**.

При реализации задачи локализации парадигма решения может формулироваться следующим образом: на основе априорной информации о рассматриваемой сцене (участке Земной поверхности) и апостериорной информации о той же сцене, полученной в процессе полета, сопоставляются текущее и эталонное изображения с последующей локализацией на текущем изображении заданных объектов сцены и определением значений текущих координат этих объектов в целях формирования сигналов управления движением летательного аппарата **[insarov]**.

3.3. Анализ методов машинного обучения

3.3.1. Сверточные нейронные сети

Сверточные нейронные сети представляют собой класс искусственных нейронных сетей, специально разработанных для обработки и анализа изображений. Их архитектура и механизмы позволяют эффективно распознавать сложные паттерны в визуальных данных, что делает их незаменимыми в различных областях компьютерного зрения [Krizhevsky2012ImageNetCW].

Основными компонентами являются сверточные слои, слои объединения (пулинга) и полностью связанные слои.

1. Сверточные слои выполняют операцию свертки, применяя фильтры или ядра к исходному изображению. Фильтры помогают выделять различные признаки, такие как края, углы и текстуры. Каждый фильтр генерирует карту признаков, которая подчеркивает определенные аспекты входного изображения.
2. Слои объединения пулинга уменьшают размерность карт признаков, что снижает вычислительную нагрузку и вероятность переобучения. Наиболее распространенными методами объединения являются максимальный пулинг (максимальное значение в каждом подокне) и средний пулинг (среднее значение в каждом подокне).
3. Полностью связанные слои находятся в конце сети и служат для окончательной классификации. Они соединяют все нейроны предыдущего слоя с каждым нейроном текущего слоя, позволяя учитывать все выделенные ранее признаки.

Сверточные нейронные сети обладают рядом преимуществ, делающих их эффективными для обработки изображений. В первую очередь свойства сверточных слоев позволяют учитывать локальные пространственные отношения между пикселями, что важно для распознавания объектов. Использование методов, таких как нормализация локальных откликов и Dropout, помогает уменьшить вероятность переобучения. Также, сверточные нейронные сети могут эффективно обучаться на больших объемах данных благодаря использованию графических процессоров (*GPU*), что значительно ускоряет процесс обучения.

Сверточные нейронные сети широко применяются для решения различных задач в области классификации изображений. Например, используются для иден-

тификации и верификации лиц на изображениях и в видео; помогают в анализе медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки и МРТ, для обнаружения патологий; используются для распознавания объектов и ситуаций на дорогах, что необходимо для безопасного управления транспортом.

Современные исследования в области сверточных нейронных сетей направлены на улучшение архитектуры и алгоритмов обучения. Разрабатываются новые методы нормализации и регуляризации, такие как *Batch Normalization* и новые типы нелинейностей (например, *ReLU*). Ведутся работы по созданию более эффективных моделей, которые требуют меньше вычислительных ресурсов и могут работать в реальном времени.

3.3.2. *Aggregate Channel Features*

Метод *ACF* (*Aggregate Channel Features*) является инновационным подходом в области распознавания лиц, который направлен на решение проблем, связанных с большими изменениями внешнего вида лиц в естественных условиях. Данный метод опирается на концепцию каналов изображения, расширяя их до различных типов, таких как градиенты и гистограммы ориентированных градиентов, что позволяет кодировать разнообразную признаками информацию в простой форме [ACF].

Исторически, одним из самых влиятельных подходов к распознаванию лиц был метод *Viola-Jones*, который использует прямоугольные признаки, похожие на признаки Хаара, и обучает классификатор с помощью алгоритма *Adaboost*. Этот метод достиг значительных успехов в распознавании лиц в реальном времени, но его производительность все еще оставалась ограниченной из-за большой изменчивости внешнего вида лиц в неконтролируемых условиях. Для преодоления этого ограничения метод *ACF* использует расширенные каналы изображения, такие как градиенты и гистограммы ориентированных градиентов, что позволяет более эффективно кодировать информацию о лицах.

Метод *ACF* включает в себя несколько ключевых аспектов. Во-первых, он использует расширенные каналы изображения для кодирования разнообразной информации. Например, цветовые каналы в пространстве *LUV*, каналы градиентной величины и гистограммы градиентов в *RGB* пространстве показывают наилучшие результаты при распознавании лиц. Эти каналы обеспечивают богатую репрезен-

тационную способность, что особенно важно для обработки лиц с различными выражениями и позами.

Во-вторых, метод *ACF* предусматривает мультискейлинг представления признаков, что позволяет еще больше обогатить репрезентацию. В оригинальной версии метода все признаки имели одинаковый масштаб, но эксперименты показали, что мультискейлинг улучшает производительность. Это достигается за счет изменения масштаба восприятия, локального масштаба и масштаба интеграции признаков.

Третьим важным аспектом является подход к мультимодовому распознаванию лиц, который использует повторную ранжировку оценок и корректировку обнаружений. Это помогает эффективно справляться с различными позами лиц и улучшает точность локализации лиц в изображениях. В результате, метод *ACF* демонстрирует конкурентоспособные результаты на сложных наборах данных, таких как *AFW* и *Fddb*, показывая высокую точность и скорость распознавания (до 42 кадров в секунду на изображениях *VGA*).

Метод *ACF* значительно улучшает производительность распознавания лиц благодаря тщательному исследованию и оптимизации различных параметров признаков. Он предлагает более быструю и точную альтернативу традиционным методам распознавания лиц, обеспечивая богатую репрезентацию и высокую эффективность вычислений.

3.3.3. *Deformable Part Models*

Метод деформируемых частей (*Deformable Part Models, DPM*) представляет собой один из эффективных подходов к обнаружению объектов на изображениях. Этот метод был разработан для улучшения точности и эффективности поиска объектов, особенно в условиях сложного фона и объектов в различных позах [DPM].

Основная идея метода *DPM* заключается в моделировании объектов как совокупности частей, которые могут деформироваться относительно друг друга. Каждая часть описывается своим собственной подмоделью, которая оценивает вероятность нахождения этой части объекта в определённом месте изображения. Главным преимуществом такого подхода является возможность учёта различных положений и деформаций частей объекта, что значительно улучшает результаты обнаружения по сравнению с более простыми моделями машинного обучения.

Основой метода *DPM* является использование каскадных классификаторов. В данном контексте каскадный классификатор представляет собой последовательность всё более сложных моделей, которые последовательно отсекают маловероятные гипотезы обнаружения объектов. Сначала применяется простая модель, которая быстро отбрасывает большую часть областей изображения. Затем, на оставшихся областях, применяются более сложные модели, которые более точно определяют положение и конфигурацию частей объекта.

Для реализации *DPM* с каскадными классификаторами используется несколько ключевых компонент.

1. Использование моделей звездной структуры, в которых все части объекта привязаны к одной "корневой" части, упрощает вычисления и позволяет эффективно использовать динамическое программирование для поиска оптимальных конфигураций частей.
2. На ранних этапах каскада используются упрощённые модели частей, которые быстрее вычисляются. Это позволяет быстро отсеивать маловероятные гипотезы без значительных затрат вычислительных ресурсов.
3. Методы динамического программирования и обобщённого дистанционного преобразования позволяют эффективно учитывать зависимости между частями объекта. Вместо того чтобы рассматривать каждую часть отдельно, используются общие характеристики и взаимосвязи, что значительно ускоряет процесс обнаружения.
4. Для отсеивания гипотез на каждом этапе каскада используются вероятностно допустимые пороги (*PAA thresholds*). Они выбираются на основе статистики частичных гипотез по положительным примерам и гарантируют, что с высокой вероятностью не будут отсеяны гипотезы, ведущие к правильным обнаружениям.

Данный метод показывает высокую эффективность на различных наборах данных, таких как *PASCAL VOC*, демонстрируя способность точно обнаруживать объекты в условиях разнообразных поз, масштабов и фонов.

Метод *DPM* обладает рядом преимуществ, включая гибкость и способность учитывать сложные деформации объектов, что делает его эффективным инструментом для задач обнаружения объектов в условиях реального мира. Однако, несмотря на свою эффективность, метод требует значительных вычислительных ресурсов, что может ограничивать его использование в некоторых задачах.

3.3.4. Случайный лес

Случайный лес (*Random Forest*) — метод ансамблевого обучения, используемый для задач классификации и регрессии. Состоит из множества независимых деревьев решений, которые работают совместно для повышения точности прогноза и уменьшения вероятности переобучения [**random-forest**].

Алгоритм Случайного леса был впервые предложен в 1995 году Тин Кам Хо и позднее расширен Лео Брейманом и Адель Катлер. Основной принцип метода заключается в объединении большого числа деревьев решений, обученных на различных подмножествах данных и случайных подмножествах признаков, чтобы обеспечить более стабильные и надежные предсказания. В случае задач классификации итоговый результат определяется большинством голосов деревьев, а в задачах регрессии — средним значением их предсказаний.

Одним из ключевых преимуществ Случайного леса является его устойчивость к переобучению. Это достигается за счет использования метода *bagging* (*bootstrap aggregating*), при котором для каждого дерева выбирается случайная подвыборка данных с возвращением, что создает множество различных обучающих наборов. Каждый из этих наборов используется для обучения отдельного дерева, а затем результаты их предсказаний объединяются. Добавление случайности на этапе выбора признаков при построении деревьев также снижает корреляцию между деревьями и способствует уменьшению переобучения.

Среди других преимуществ Случайного леса можно отметить:

- благодаря объединению множества деревьев, метод обеспечивает высокую точность предсказаний;
- может применяться как для задач классификации, так и для регрессии;
- позволяет легко определить, какие признаки оказывают наибольшее влияние на предсказание, используя такие метрики, например, как *Gini importance* и *mean decrease in impurity (MDI)*;
- эффективно справляется с пропущенными данными, сохраняя высокую точность предсказаний.

Однако, у метода есть и свои недостатки. Он может быть ресурсоемким и требовать значительных вычислительных мощностей и времени на обучение, особенно при работе с большими наборами данных. Кроме того, интерпретируемость модели Случайного леса ниже по сравнению с отдельными деревьями решений, что может затруднить объяснение полученных результатов.

3.3.5. Сравнительный анализ

В таблице 3.2 представлено сравнение методов машинного обучения для решения задачи обнаружения объектов на изображении. Рассмотрены преимущества и недостатки таких методов, как Сверточные нейронные сети, Aggregate Channel Features, Deformable Parts Models, Случайный лес.

Таблица 3.2

Сравнение методов машинного обучения

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> <i>Сверточные нейронные сети</i>	Глубокая нейронная сеть, использующая сверточные слои для автоматического извлечения признаков из изображений.	Высокая точность распознавания, автоматическое извлечение признаков, устойчивость к деформации распознаваемых изображений.	Необходимо большое количество размеченных данных для обучения, требуются большие вычислительные ресурсы (GPU).

Таблица 3.2

Сравнение методов машинного обучения

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
<i>Aggregate Channel Features (ACF)</i>	Метод, который извлекает признаки из нескольких каналов изображения (например, оттенки серого, RGB) и агрегирует их для обнаружения объектов.	Подходит для работы в реальном времени, хорошо работает с небольшим количеством данных, высокая точность локализации объектов на изображениях при использовании совместно с бустингом.	Более низкая точность по сравнению с методами глубокого обучения, ограничен простыми признаками, не подходит для сложных сцен.
<i>Deformable Parts Models (DPM)</i>	Использует графическую модель частей объекта (неориентированный граф) и их пространственные отношения для обнаружения и локализации объектов.	Может моделировать деформации объектов, хорошо работает с представлением объектов на основе частей.	Вычислительно затратен, может быть медленнее, чем CNN, производительность сильно зависит от качества моделей частей.

Таблица 3.2

Сравнение методов машинного обучения

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
<i>Random Forest</i> <i>Случайный лес</i>	Метод ансамблевого обучения, в ходе которого строится большое количество деревьев решений, а результатом классификации является наиболее часто встречающийся класс.	Устойчив к переобучению, хорошая производительность при ограниченных вычислительных ресурсах, может обрабатывать различные типы данных.	Более низкая точность по сравнению с методами глубокого обучения, требует тщательного выбора признаков, может быть чувствителен к шуму.

Сверточные нейронные сети обеспечивают высокую точность и могут обрабатывать сложные сцены, но требуют больших вычислительных ресурсов и больших наборов данных для обучения. Метод *ACF* эффективен и быстр, подходит для работы в реальном времени, но имеет меньшую точность в сложных сценах. Метод *DPM* хорошо справляется с моделированием деформаций объектов, однако он вычислительно затратен. Случайный лес устойчив к переобучению и работает с ограниченными ресурсами, но может быть менее точным по сравнению с методами глубокого обучения.

Проведем сравнение классических методов обнаружения объектов на изображениях или в видеопотоке (таблица 3.3) [**Brutzer2011EvaluationOB; fleet**].

Таблица 3.3

Сравнение классических методов

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Вычитание фона	Обнаруживает движущиеся объекты путем вычитания текущего кадра из эталонной модели фона.	Простой, быстрый и вычислительно эффективный, хорошо подходит для статических настроек камеры.	Проблемы с динамическим фоном, изменениями освещения и сложными сценами, неустойчив к движению камеры.
Оптический поток	Вычисляет движение объектов между последовательными кадрами на основе изменений интенсивности пикселей.	Может захватывать информацию о движении, полезен для обнаружения движущихся объектов независимо от фона.	Вычислительно затратен, чувствителен к шуму и быстрым движениям, может иметь проблемы со сложными принципами движения.

Наилучшие результаты могут быть достигнуты при использовании гибридных подходов. Например, при комбинации сверточных нейронных сетей с алгоритмом оптического потока можно объединить преимущества глубокого обучения для точной классификации и оптического потока для детекции движения. Такой подход позволяет улучшить точность и надежность системы, справляясь как с детекцией сложных объектов, так и с анализом движения в динамичных сценах. Впервые данный подход был представлен в статье [cof] как алгоритм под названием «С-FO».

Внедрение гибридных методов позволяет учитывать сильные стороны каждого из алгоритмов, минимизируя их недостатки. Это особенно важно в условиях

реального времени, где требуется высокая производительность и точность при ограниченных вычислительных ресурсах.

3.4. Разработка гибридного алгоритма

3.5. Выводы

Текст выводов по главе 3.

ГЛАВА 4. НАЗВАНИЕ ЧЕТВЁРТОЙ ГЛАВЫ. АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ, А ИМЕННО: МЕТОДА, АЛГОРИТМА, МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Хорошим стилем является наличие введения к главе. Во введении может быть описана цель написания главы, а также приведена краткая структура главы.

4.1. Название параграфа

4.2. Название параграфа

Пример ссылки на литературу [0].

4.3. Выводы

Текст выводов по главе 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение (2 – 5 страниц) обязательно содержит выводы по теме работы, *конкретные предложения и рекомендации* по исследуемым вопросам. Количество общих выводов должно вытекать из количества задач, сформулированных во введении выпускной квалификационной работы.

Предложения и рекомендации должны быть органически увязаны с выводами и направлены на улучшение функционирования исследуемого объекта. При разработке предложений и рекомендаций обращается внимание на их обоснованность, реальность и практическую приемлемость.

Заключение не должно содержать новой информации, положений, выводов и т. д., которые до этого не рассматривались в выпускной квалификационной работе. Рекомендуются писать заключение в виде тезисов.

Последним абзацем в заключении можно выразить благодарность всем людям, которые помогали автору в написании ВКР.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

DOI Digital Object Identifier.

WoS Web of Science.

ВКР Выпускная квалификационная работа.

ТГ-объект Текстово-графический объект.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

TeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Дональдом Кнутом.

LaTeX — язык вёрстки текста и издательская система, разработанные Лэсли Лампортом как надстройка над TeX.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

0. Автономова Н. С. Философский язык Жака Деррида. — М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2011. — 510 с. — (Сер.: Российские Пропилеи).

0. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Текст]: ГОСТ 2.105–95. — Взамен ГОСТ 2.105—79, ГОСТ 2.906—71 ; введ. 1996—07—01. — Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. — 31 с. — (Сер.: Межгосударственный стандарт).

0. Котельников И. А., Чеботаев П. З. LaTeX по-русски. — 3-е изд. — Новосибирск: Сибирский Хронограф, 2004. — 496 с. — URL: <http://www.tex.uniyar.ac.ru/doc/kotelnikovchebotaev2004b.pdf> (дата обращения: 06.03.2019).

0. Песков Н. В. Поиск информативных фрагментов описаний объектов в задачах распознавания: дис. . . . канд. физ.-мат. наук: 05.13.17 / Песков Николай Владимирович. — М., 2004. — 102 с.

0. Положение о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры (в редакции приказа от 03.05.2018 № 946). — 2018. — URL: https://dep.spbstu.ru/userfiles/files/prev/docs/for_students/gia_03_05_2018.pdf (дата обращения: 06.03.2019).

0. Руководство студента СПбПУ по подготовке выпускной квалификационной работы и сопутствующих документов с помощью LaTeX / В. А. Пархоменко [и др.]. — 2018. — URL: https://github.com/ParkhomenkoV/SPbPU-student-thesis-template/blob/master/Author_guide_SPbPU-student-thesis.pdf (дата обращения: 06.03.2019).

0. Adams P. The title of the work // The name of the journal. — 1993. — Vol. 4, no. 2. — P. 201–213.

0. Author and editor guide to prepare and submit the academic SPbPU editions to Clarivate Analytics: Book Citation Index Web of Science / V. Parkhomenko [et al.]. — 2018. — URL: https://github.com/ParkhomenkoV/SPbPU-BCI-template/blob/master/Author_guide_SPbPU-BCI.pdf (visited on 06.03.2019).

0. Babington P. The title of the work. Vol. 4. — 3rd ed. — The address: The name of the publisher, 1993. — 255 p. — (Ser.: 10).

0. *Badiou A.* Briefings on Existence: A Short Treatise on Transitory Ontology / ed. and trans. from the French, with an introd., by N. Madarasz. — NY: SUNY Press, 2006. — 190 p. — URL: https://books.google.ru/books?id=7HNkAT%5C_NFksC (visited on 05.12.2017).

0. *Caxton P.* The title of the work. — The address of the publisher, 1993. — 255 p.

0. *Domanov O.* BibLATEX support for GOST standard bibliographies. — URL: <https://ctan.org/pkg/biblatex-gost> (visited on 06.03.2019).

0. *Domanov O.* Biblatex-GOST examples. — URL: <http://ctan.altspu.ru/macros/latex/contrib/biblatex-contrib/biblatex-gost/doc/biblatex-gost-examples.pdf> (visited on 06.03.2019).

0. *Draper P.* The title of the work // The title of the book. Vol. 4 / ed. by T. editor. — The organization. The address of the publisher: The publisher, 1993. — (Ser.: 5).

0. *Eston P.* The title of the work // Book title. Vol. 4. — 3rd ed. — The address of the publisher: The name of the publisher, 1993. — Chap. 8 — P. 201–213. — (Ser.: 5).

0. *Farindon P.* The title of the work // The title of the book. Vol. 4 / ed. by T. editor. — 3rd ed. — The address of the publisher: The name of the publisher, 1993. — Chap. 8 — P. 201–213. — (Ser.: 5).

0. *Feuersanger C., Tantau T.* The TikZ and PGF packages. — URL: <https://ctan.org/pkg/pgf> (visited on 06.03.2019).

0. *Fiorio C.* The algorithm2e package. — URL: <https://ctan.org/pkg/algorithm2e> (visited on 06.03.2019).

0. *Gainsford P.* The title of the work / The organization. — 3rd ed. — The address of the publisher, 1993. — 255 p.

0. *Ganter B., Wille R.* Formal concept analysis: mathematical foundations. — Springer, Berlin, 1999. — 284 p.

0. *Harwood P.* The title of the work: Master's thesis / Harwood Peter. — The address of the publisher: The school where the thesis was written, 1993. — 255 p.

0. *Isley P.* The title of the work. — 1993.

0. *Joslin P.* The title of the work: diss. ... PhD in Engineering / Joslin Peter. — The address of the publisher: The school where the thesis was written, 1993. — 255 p.

0. *Kotelnikov I. A., Chebotaev P. Z.* LaTeX in Russian. — 3rd ed. — Novosibirsk: Sibiskiy Hronograph, 2004. — 496 p. — URL: <http://www.tex.uniyar.ac.ru/doc/kotelnikovchebotaev2004b.pdf> (visited on 06.03.2019); (in Russian).

0. *Lambert P.* The title of the work: tech. rep. / The institution that published. — The address of the publisher, 1993. — 255 p. — No. 2.

0. *Marcheford P.* The title of the work. — 1993.

0. MiKTeX web site. — URL: <https://miktex.org/> (visited on 06.03.2019).

0. Notes on relation between symbolic classifiers / X. Naidenova [et al.] // CEUR Workshop Proceedings / ed. by K. S. Watson B.W. — 2017. — Vol. 1921. — P. 88–103. — URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1921/paper9.pdf> (visited on 19.12.2017).

0. *Peskov N. V.* Searching for informative fragments of object descriptions in the recognition tasks: diss. ... cand. phys.-math. sci.: 05.13.17 / Peskov Nickolay Vladimirovich. — M., 2004. — 102 p. — (in Russian).

0. SPbPU photo gallery. — URL: <http://www.spbstu.ru/media/photo-gallery/> (visited on 06.03.2019).

0. SPbPU-student-thesis-template. — URL: <https://github.com/ParkhomenkoV/SPbPU-student-thesis-template> (visited on 06.03.2019).

0. TeXstudio web site. — URL: <https://www.texstudio.org/> (visited on 06.03.2019).

0. The title of the work. Vol. 4 / ed. by P. Kidwelly. — The organization. The address of the publisher: The name of the publisher, 1993. — 255 p. — (Ser.: 5).

Приложение 1

Краткие инструкции по настройке издательской системы L^AT_EX

В SPbPU-BCI-template автоматически выставляются необходимые настройки и в исходном тексте шаблона приведены примеры оформления текстово-графических объектов, поэтому авторам достаточно заполнить имеющийся шаблон текстом главы (статьи), не вдаваясь в детали оформления, описанные далее. Возможный «быстрый старт» оформления главы (статьи) под Windows следующий^{П1.1}:

- A. Установка полной версии MikTeX [0]. В процессе установки лучше выставить параметр доустановки пакетов «на лету».
- B. Установка TexStudio [0].
- C. Запуск TexStudio и компиляция `my_chapter.tex` с помощью команды «Build&View» (например, с помощью двойной зелёной стрелки в верхней панели). Иногда, для достижения нужного результата необходимо несколько раз скомпилировать документ.
- D. В случае, если не отобразилась библиография, можно
 - воспользоваться командой Tools → Commands → Biber, затем запустив Build&View;
 - настроить автоматическое включение библиографии в настройках Options → Configure TexStudio → Build → Build&View (оставить по умолчанию, если сборка происходит слишком долго): `txs:///pdflatex | txs:///biber | txs:///pdflatex | txs:///pdflatex | txs:///view-pdf`.

В случае возникновения ошибок, попробуйте скомпилировать документ до последних действий или внимательно ознакомьтесь с описанием проблемы в log-файле. Бывает полезным переход (по подсказке TexStudio) в нужную строку в pdf-файле или запрос с текстом ошибки в поисковиках. Наиболее вероятной проблемой при первой компиляции может быть отсутствие какого-либо установленного пакета L^AT_EX.

В случае корректной работы настройки «установка на лету» все дополнительные пакеты будут скачиваться и устанавливаться в автоматическом режиме. Если доустановка пакетов осуществляется медленно (несколько пакетов за один запуск

^{П1.1} Вниманию! Пример оформления подстрочной ссылки (сноски).

компилятора), то можно попробовать установить их в ручном режиме следующим образом:

1. Запустите программу: меню → все программы → MikTeX → Maintenance (Admin) → MiKTeX Package Manager (Admin).
2. Пользуясь поиском, убедитесь, что нужный пакет присутствует, но не установлен (если пакет отсутствует воспользуйтесь сначала MiKTeX Update (Admin)).
3. Выделив строку с пакетом (возможно выбрать несколько или вообще все неустановленные пакеты), выполните установку Tools → Install или с помощью контекстного меню.
4. После завершения установки запустите программу MiKTeX Settings (Admin).
5. Обновите базу данных имен файлов Refresh FNDB.

Для проверки текста статьи на русском языке полезно также воспользоваться настройками Options → Configure TexStudio → Language Checking → Default Language. Если русский язык «ru_RU» не будет доступен в меню выбора, то необходимо вначале выполнить Import Dictionary, скачав из интернета любой русскоязычный словарь.

Далее приведены формулы (П1.2), (П1.1), рис.П1.2, рис.П1.1, табл.П1.2, табл.П1.1.

$$\pi \approx 3,141. \quad (\text{П1.1})$$

Рис.П1.1. Вид на гидробашню СПбПУ [0]

Таблица П1.1

Представление данных для сквозного примера по ВКР [0]

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

Таблица П1.2

Представление данных для сквозного примера по ВКР [0]

G	m_1	m_2	m_3	m_4	K
g_1	0	1	1	0	1
g_2	1	2	0	1	1
g_3	0	1	0	1	1
g_4	1	2	1	0	2
g_5	1	1	0	1	2
g_6	1	1	1	2	2

П1.1. Параграф приложения

П1.1.1. Название подпараграфа

Название подпараграфа оформляется с помощью команды `\subsection{...}`.
Использование подподпараграфов в основной части крайне не рекомендуется.

П1.1.1.1. Название подподпараграфа

$$\pi \approx 3,141.$$

(П1.2)

Рис.П1.2. Вид на гидробашню СПбПУ [0]

Приложение 2

Некоторые дополнительные примеры

В приложении^{П2.1} приведены формулы (??), (П2.1), рис.??, рис.П2.1, табл.??, табл.П2.1

$$\pi \approx 3,141.$$

(П2.1)

Рис.П2.1. Вид на гидробашню СПбПУ [0]

Таблица П2.1

Представление данных для сквозного примера по ВКР [0]

<i>G</i>	<i>m</i> ₁	<i>m</i> ₂	<i>m</i> ₃	<i>m</i> ₄	<i>K</i>
<i>g</i> ₁	0	1	1	0	1
<i>g</i> ₂	1	2	0	1	1
<i>g</i> ₃	0	1	0	1	1
<i>g</i> ₄	1	2	1	0	2
<i>g</i> ₅	1	1	0	1	2
<i>g</i> ₆	1	1	1	2	2

П2.1. Подраздел приложения

^{П2.1}Внимание! Пример оформления подстрочной ссылки (сноски).