

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Кафедра вычислительной техники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Детектирование и определение позиции 3D-объектов в облаке точек на примере задачи подбора паллеты автономным вилочным погрузчиком

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Спицын Владимир Григорьевич	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Акулов Петр Анатольевич			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ВТ	Марков Н.Г.	д.т.н., профессор		

Результаты обучения для 09.04.01 Информатика и
вычислительная техника (магистратура)

Код резул ьтата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критерии АИОР
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области информатики и вычислительной техники.	Требования ФГОС (ОК-1, 2; ПК-1, 5, 6), критерий 5 АИОР (п. 1.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р2	Применять глубокие специальные знания в области информатики и вычислительной техники для решения междисциплинарных инженерных задач.	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-1, 5, 6), критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием аппаратных и программных средств информационных и автоматизированных систем, с использованием аналитических методов и сложных моделей.	Требования ФГОС (ОК-2; ПК-5), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р4	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.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-3, 4, 5, 6), критерий 5 АИОР (п. 1.3), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р5	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.	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ПК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.4), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
Р6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.	Требования ФГОС (ОК-7; ПК-7), критерий 5 АИОР (п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Универсальные компетенции		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ОК-6; ПК-4), критерий 5 АИОР (п. 2.1), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P8	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.	Требования ФГОС (ОК-3; ПК-4, 7), критерий 5 АИОР (п. 2.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-7), критерий 5 АИОР (п. 2.3), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5; ПК-7), критерий 5 АИОР (п. 2.4, п. 2.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2, ПК-2), критерий 5 АИОР (п. 2.6), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Запросы студентов, отечественных и зарубежных работодателей.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики
Направление подготовки (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Кафедра Вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) _____
(Дата)

Н.Г.Марков
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич

Тема работы:

Детектирование и определение позиции 3D-объектов в облаке точек на примере задачи подбора паллеты автономным вилочным погрузчиком	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования являются алгоритмы определения позиции 3D-объектов в облаках точек. При генерации данных исходить из того, что распознаваемый объект (паллета) присутствует в каждом облаке точек на расстоянии не более 7 метров от камеры.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Аналитический обзор литературных источников.2. Анализ программных и технических средств, необходимых для решения задачи.3. Постановка задачи.4. Получение, обработка и разметка данных.5. Анализ, разработка и реализация алгоритмов для решения поставленной

	<p>задачи.</p> <p>6. Сравнение производительности и точности реализованных алгоритмов.</p> <p>7. Анализ возможных улучшений реализованных алгоритмов.</p> <p>8. Заключение по работе.</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Обзор литературы	Морозов Василий Сергеевич
Социальная ответственность	Акулов Петр Анатольевич

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

Обзор литературы

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Спицын Владимир Григорьевич	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ВТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, интернет ресурсах, аналитических материалах, нормативно-правовых документах.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Организация и планирование работ выполнения проекта</i>	1. <i>Расчет продолжительности работ</i> 2. <i>Расчет накопления готовности проекта</i>
2. <i>Расчет сметы затрат на выполнение проекта</i>	1. <i>Расчет затрат на материалы, заработной платы, социальный налог, затрат на электроэнергию</i> 2. <i>Расчет амортизационных расходов, расходов на основе платежных документов и прочих расходов</i> 3. <i>Расчет общей себестоимости разработки, прибыли, НДС</i>
3. <i>Оценка экономической эффективности проекта</i>	1. <i>Оценка экономической эффективности и научно – технического уровня НИР</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Линейный график работ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич

Институт	Институт Кибернетики	Кафедра	Вычислительной техники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования являются алгоритмы определения позиции 3D-объектов в облаках точек. Алгоритмы могут применяться для распознавания европаллет автономными погрузчиками на складах и в любых других сферах, где требуется распознавание 3D объектов по облакам точек.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Профессиональная и социальная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	1.1. Вредные и опасные факторы, которые может создать объект исследования: - погрузка/разгрузка в ходе складских работ 1.2. Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований: – пониженная или повышенная влажность воздуха; – электромагнитные излучения; – нехватка искусственного освещения рабочей зоны; – зрительное напряжение; – поражение электрическим током. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.
2. Экологическая безопасность 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду. 2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду. 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	2.1 Влияние объекта исследования на окружающую среду: <input type="checkbox"/> Образование поврежденного груза, мусора. - Полное или частичное удаление человека из процесса перемещения грузов на складе. 2.2 Влияние процесса исследования на окружающую среду: <input type="checkbox"/> Утилизация компьютерной техники; - Электромагнитное и тепловое излучение. 2.3 Мероприятия по защите окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Пожар. Падение предметов при погрузке/разгрузке.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78
---	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акулов Петр Анатольевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4А	Санников Максим Алексеевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Уровень образования магистр

Кафедра Вычислительной техники

Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.16

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2016	Аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки и техники в рассматриваемой области.	5
01.03.2016	Анализ программных и технических средств, необходимых для решения задачи.	5
15.03.2016	Постановка задачи	5
10.04.2016	Получение, обработка и разметка данных.	10
15.04.2016	Анализ, разработка и реализация алгоритмов для решения поставленной задачи.	20
25.04.2016	Сравнение производительности и точности реализованных алгоритмов.	5
30.04.2016	Анализ возможных улучшений реализованных алгоритмов.	20
10.05.2016	Оформление пояснительной записки (основная часть)	10
15.05.2016	Проведение расчетов по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	5
25.05.2016	Оформление раздела «Социальная ответственность»	5
30.05.2016	Оформление раздела на английском языке	5
05.06.2016	Подведение итогов, формулирование выводов по проделанной работе, оформление презентации	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Спицын Владимир Григорьевич	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Марков Н.Г.	д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 19 рисунков, 21 таблицу, 25 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: детектирование 3D объектов, определение позиции, облако точек, дескриптор, компьютерное зрение, фильтрация, паллета, погрузчик

Цель работы – исследование, реализация и анализ алгоритмов для решения задачи детектирования и определения положения 3D-объектов в облаках точек на примере задачи подбора паллеты автономным вилочным погрузчиком на основе данных, полученных при помощи сенсора Kinect.

В процессе выполнения ВКР проводилось исследование, реализация и анализ алгоритмов для решения задачи детектирования и определения позиции 3D объектов в облаках точек.

В ходе работы выявлены основные алгоритмы, применяемые для решения поставленной задачи, выполнено сравнение и анализ реализованных алгоритмов.

Область применения: полученные результаты с учетом возможных улучшений могут быть использованы для распознавания 3D-объектов в облаках точек, например, для автоматизации подбора паллеты автономным вилочным погрузчиком.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в том что результаты работы могут быть применены для автоматизации процесса подбора паллеты автономными вилочными погрузчиками, что позволит снизить затраты на персонал, сделать склады более эффективными, уменьшить человеческий фактор.

В будущем планируется улучшить полученные алгоритмы и протестировать на данных реального склада.

Оглавление

Введение	8
1. Обзор литературы	11
2. Объект и методы исследования	19
2.1. Постановка задачи	19
2.2. Используемые алгоритмы	19
3. Расчеты и аналитика	25
3.1. Определение регистрации	25
3.2. Валидация решений	26
4. Результаты проведенного исследования	28
4.1. Получение и разметка данных	28
4.2. Реализация алгоритмов и анализ результатов	29
4.3. Сравнение алгоритмов	32
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	37
6. Социальная ответственность	63
Заключение	64
Список публикаций студента	66
Список использованных источников	67
Приложение А. Обзор литературы на английском языке	70
Приложение В. Исходный код программы	78

Введение

В решении задач по распознаванию изображений произошел большой прорыв в последние несколько лет всвязи с развитием глубинного обучения (deep learning) и повышением вычислительных мощностей, доступных исследователям по всему миру. Одной из проблем при применении алгоритмов распознавания изображений является неравномерность освещенности. При этом часто используются локальные признаки изображений, зависящих не от значения яркости конкретного пикселя, а от разницы значений яркостей пикселей в некоторой локальной области изображения (градиенты изображения). Однако даже в этом случае невозможно распознать что-либо в полной темноте. В этой ситуации информации только о цвете пикселя в конкретной точке недостаточно и одним из решений этой проблемы является использование карты глубины (насколько далеко от камеры расположены точки, соответствующие пикселям) и, соответственно, решение новой задачи - распознавания и определения положения 3D объектов в облаках точек (облако точек - совокупность глубины точки, координаты и цвета пикселя).

Одной из многочисленных областей применения алгоритмов определения позиции 3D-объектов является робототехника, а в частности автономные вилочные погрузчики - промышленные грузовые машины, используемые для подбора и перемещения грузов на короткие расстояния (рис. 1). Они активно используются на различных предприятиях. Для того, чтобы уменьшить расходы на зарплаты сотрудников, сократить накладные расходы и улучшить продуктивность предприятия, современные вилочные погрузчики могут быть сделаны автономными. Для этого необходимо реализовать несколько программных модулей, одним из которых является модуль определения положения объектов, которые перемещает погрузчик. В нашем случае объектом является европаллета (рис. 2). Этот модуль необходим для того, чтобы распознать паллету и определить как она расположена по отношению к камере. В



Рис. 1 – Вилочный погрузчик

качестве камеры могут быть использованы различные 3D-сенсоры, такие как LIDAR (Light Detection and Ranging), Kinect, 3D Image Sensor REAL3, ZED и др. Практическая новизна работы заключается в разработке алгоритмов, позволяющих детектировать паллету и определять как она расположена по отношению к камере, для автоматизации процесса ее подбора вилочным погрузчиком.

В нашем случае используется сенсор Kinect первого поколения. С помощью него можно получить не только RGB данные, но и карту глубины, которая может быть преобразована в 3D облако точек - множество цветных точек в трехмерном пространстве.



Рис. 2 – Европаллета

Целью работы является исследование, реализация и анализ алгоритмов для решения задачи детектирования и определения положения 3D-объектов в облаках точек на примере задачи подбора паллеты автономным вилочным погрузчиком на основе данных, полученных при помощи сенсора Kinect.

1. Обзор литературы

В этой главе представлен обзор способов решения задачи детектирования и определения положения объектов в облаках точек, а также используемые для этого технические и программные средства.

Задача определения положения 3D-объектов, известная как регистрация или взаимное ориентирование, состоит в нахождении относительной позиции и ориентации независимо полученных облаков точек таким образом, что интересующие области хорошо пересекаются между ними. Регистрация может быть определена как задача нахождения соответствующих точек в двух различных облаках точек с целью распознавания объекта, отслеживания и нахождения матрицы преобразования, которая приведет точки облаков в соответствие друг-другу. Регистрация является распространенной и базовой техникой для совмещения нескольких наборов данных в одну модель. Используя эти техники и алгоритмы, возможно определять положение объекта (шаблона) в большой сцене. В этом случае задача может быть названа как задача распознавания объекта, но базовые составляющие алгоритмов очень похожи.

Входными данными для алгоритма регистрации являются два облака точек: шаблон и сцена. Результатом алгоритма является матрица преобразования облака шаблона, после умножения на которую, облако шаблона будет трансформировано таким образом, что оно наилучшим образом совпадет с соответствующим ему объектом в облаке сцены.

Основной идеей методов детектирования и определения положения объектов в облаках точек является нахождение их сжатого представления – дескрипторов. Нахождение дескрипторов для каждой точки объекта слишком затратно по времени и памяти, поэтому часто используют только некоторые точки объекта, называемые ключевыми. Ключевые точки – это точки на изображении или в облаке точек, которые являются стабильными, различимыми и могут быть идентифицированы

с помощью хорошо определенных критериев детектирования. Обычно количество ключевых точек в облаке точек намного меньше, чем общее количество точек облака. В сочетании же с локальными дескрипторами, вычисленными в ключевых точках, ключевые точки и дескрипторы могут быть использованы для формирования компактного, но в то же время достаточно описательного представления исходных данных. Они также известны как точки интереса и должны позволять описать целое облако с помощью намного меньшего количества используемых данных. Существует большое количество типов ключевых точек и различных методов для их нахождения [1].

Также для нахождения сжатых представлений изображений используются сверточные нейронные сети [2]. В этой статье приводится описание метода, позволяющего генерировать дескрипторы, более компактные, чем HOG и Linemod, однако для этого требуется большая обучающая выборка и процесс получения данных усложнен необходимостью знать положение и наклон камеры на полусфере вокруг распознаваемого объекта (рис. 3).

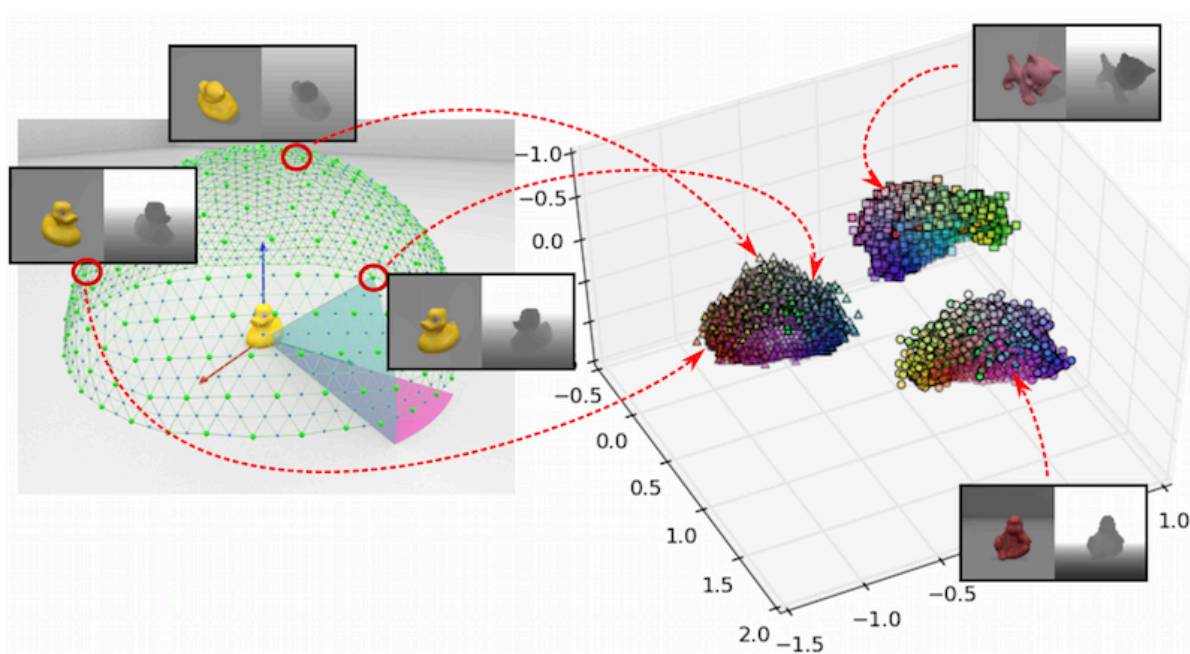


Рис. 3 – Трехмерные дескрипторы, вычисленные для различных положений камеры на полусфере вокруг объекта

Далее представлено описание наиболее популярных сенсоров для получения облаков точек – Kinect и LIDAR, а также библиотек OpenCV и PCL, в которых реализовано большое количество методов анализа данных, обработки облаков точек и анализа изображений.

Kinect

Kinect (рис. 4, 5) – это линия девайсов-сенсоров движения, разработанная Microsoft для консолей Xbox 360 и Xbox One, и компьютеров Windows. Kinect позволяет пользователям управлять и взаимодействовать с консолью или компьютером не путем использования игрового контроллера (мышка, джойстик), а через естественный пользовательский интерфейс жестов и голосовых команд. Первое поколение Kinect было впервые представлено в ноябре 2010 года в попытке расширить аудиторию Xbox 360. Версия для Windows была выпущена 1 февраля 2012 года. Kinect конкурирует с несколькими контроллерами движения на других домашних консолях, таких как Wii Remote Plus для Wii и Wii U, PlayStation Move / PlayStation Eye для PlayStation 3 и PlayStation Camera для PlayStation 4. Microsoft выпустила набор инструментальных средств разработки программного обеспечения Kinect для Windows 7 16 июня 2011 года. Этот SDK был предназначен для того, чтобы позволить разработчикам писать программы для Kinect с помощью C++ / CLI, C# или Visual Basic .NET.



Рис. 4 – Kinect



Рис. 5 – Kinect со снятой крышкой корпуса

Kinect основан на технологии, разработанной внутри Rare, дочерней компании Microsoft Game Studios, принадлежащей Microsoft, а также на технологии range cameras израильской компании PrimeSense, разработавшей систему, которая может интерпретировать специфические жесты, делая возможным контроль любого электронного девайса без помощи рук с использованием инфракрасного проектора, камеры и специального микрочипа для определения движения объектов и людей в трехмерном пространстве [3] [4]. Этот 3D-сканнер под названием Light Coding реализует реконструкцию 3D объектов на основе их изображений.

Kinect представляет собой горизонтальный брусок, подключенный к небольшой базе с моторизованным шарниром, который предназначен для позиционирования устройства в продольном направлении выше или ниже видеодисплея. Устройство имеет RGB камеру, датчик глубины и массив микрофонов [5], которые обеспечивают определение движения 3D тела, распознавание лица и возможности распознавания голоса. На момент запуска распознавание голоса было доступно толь-

ко в Японии, Великобритании, Канаде и Соединенных Штатах. В Европе эта возможность стала доступна весной 2011 года [6]. В настоящее время распознавание речи поддерживается в Австралии, Канаде, Франции, Германии, Ирландии, Италии, Японии, Мексике, Новой Зеландии, Великобритании и Соединенных Штатах. Массив микрофонов Kinect позволяет Xbox 360 проводить локализацию источника звука и подавление окружающего шума, что делает возможным проведение видеоконференций Xbox Live без использования наушников и отдельного микрофона.

Датчик глубины Kinect состоит из инфракрасного лазера в сочетании с монохромным датчиком CMOS, который захватывает видеоданные в 3D при любом освещении [7]. Диапазон чувствительности датчика глубины регулируется, и программное обеспечение Kinect способно автоматически калибровать датчик на основании игрового процесса и физической среды игрока [8].

В ходе реверс-инжиниринга установлено, что различные датчики выходного видеосигнала в Kinect со скоростью кадров от 9 Гц до 30 Гц в зависимости от разрешения. RGB видео поток по умолчанию использует 8-битные изображения с разрешением 640×480 пикселей с фильтром Байера, но оборудование способно выдавать разрешение до 1280×1024 (при более низкой частоте кадров) и другие цветовые форматы, такие как UYVY. Разрешение монохромного видеопотока глубины имеет разрешение 640×480 пикселей с 11-битной глубиной, что обеспечивает 2048 уровней чувствительности.

RGBD-сенсор Microsoft Kinect позволяет отслеживать 3D-объекты, используя библиотеку для работы с облаками точек — Point Cloud Library (PCL).

LIDAR

Lidar (он же LIDAR, LiDAR или LADAR) - это геодезическая технология, измеряющая расстояние путем освещения целевого объекта

лазером. Lidar активно используется для создания карт высокого разрешения в геодезии, геоморфологии, археологии, географии, геологии, сейсмологии, атмосферной физике и др.

Lidar использует ультрафиолетовое, видимое или близко к инфракрасному типы излучения для отображения объектов. Он может быть использован для определения расстояния до объектов, изготовленных из различного рода материалов, таких как неметаллические предметы, камни, дождь, химические соединения, аэрозоли, облака и даже одиночные молекулы [9]. Узкий лазерный луч может отображать физические характеристики с очень высоким разрешением. Например, самолет может снимать карты местности с разрешением 30 см или выше [10].

Пример облака точек, полученного с помощью lidar, представлен на рис. 19.

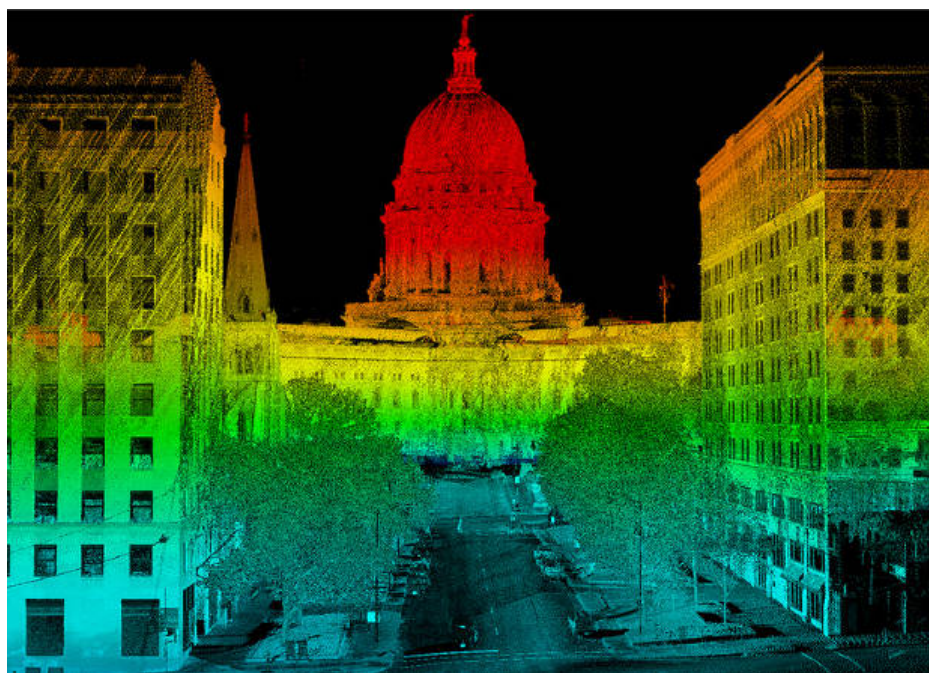


Рис. 6 – Облако точек, полученное с помощью lidar

OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) - библиотека с открытым исходным кодом, для реализации компьютерного зрения в реальном вре-

мени. Библиотека свободна для академического или коммерческого использования. Первоначально написана на С но имеет С++ интерфейс включая новые разработки. Также есть полный интерфейс для Python.

OpenCV охватывает следующие области:

- Создание 2D и 3D признаков;
- Визуальная одометрия;
- Распознавание лиц;
- Распознавание жестов;
- Взаимодействие человека и компьютера;
- Мобильная робототехника;
- Распознавание движений;
- Идентификация объектов;
- Сегментация и распознавание;
- Стереоскопическое зрение используя две камеры;
- Понимание структуры через движение;
- Трекинг;
- Виртуальная реальность.

Основой, для большинства из выше описанных областей применения, является библиотека статистического машинного обучения OpenCV, в которой реализованы:

- Бустинг;
- Обучение решающих деревьев;

- Деревья градиентного бустинга;
- Алгоритм максимизации математического ожидания;
- Метод k ближайших соседей;
- Наивный байесовский классификатор;
- Искусственные нейронные сети;
- Рандомные леса решающих деревьев;
- Машина опорных векторов (Support vector machine, SVM).

Point cloud library

PCL(Point Cloud Library) – открытая библиотека для n-мерных облаков точек и обработки 3D геометрии. Библиотека содержит многочисленные высококлассные алгоритмы: фильтрации, функции оценки, реконструкции поверхности, регистрации, подгонки моделей и др. В библиотеке также реализованы операции векторной алгебры, позволяющие легко работать с матрицами и векторами.

2. Объект и методы исследования

2.1. Постановка задачи

Дано облако точек сцены (рис. 7, 8), полученное с помощью сенсора Kinect с расположенной на нём паллетой не далее, чем 7 метров от сенсора. Необходимо найти передний край паллеты на сцене. Облако точек шаблона подготавливается заранее и представляет собой передний край паллеты (рис. 9). Задача в этом случае сводится к нахождению наиболее вероятного объекта в облаке точек сцены, являющегося передним краем паллеты.

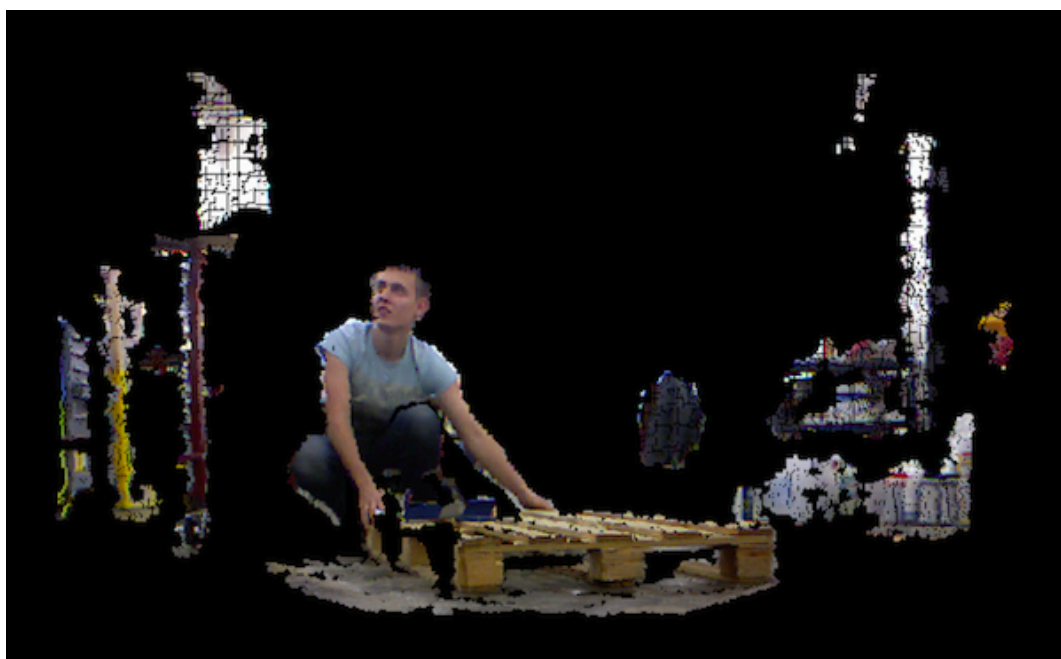


Рис. 7 – Облако точек сцены

2.2. Используемые алгоритмы

В ходе работы использованы следующие алгоритмы, реализованные в библиотеках PCL и OpenCV.

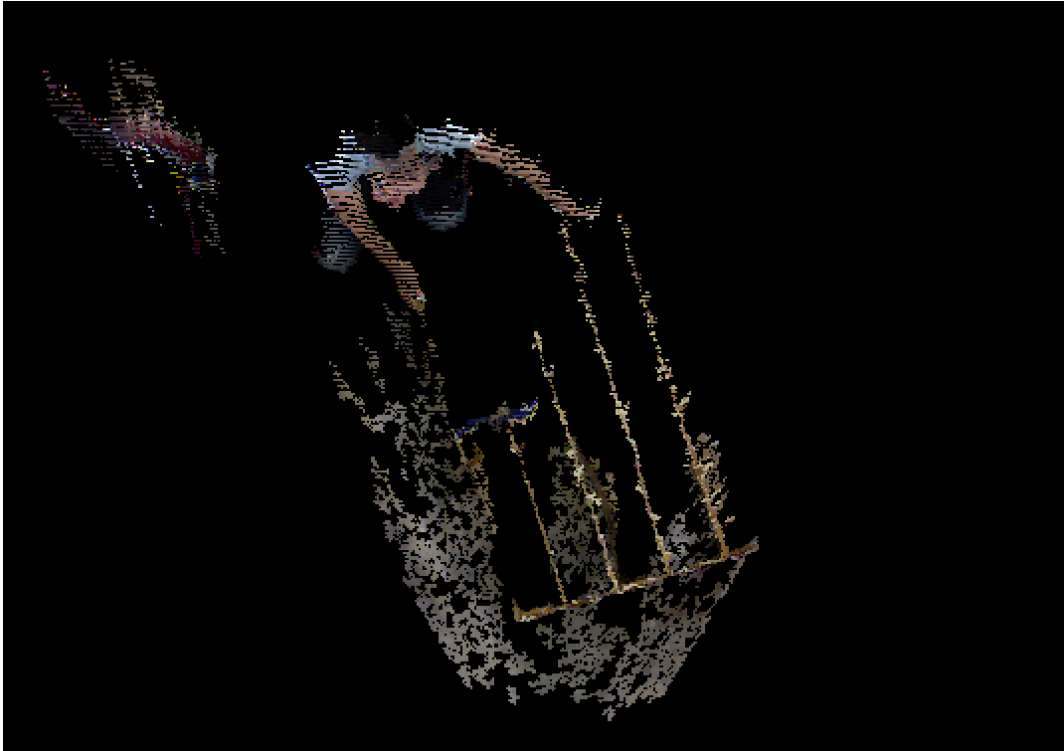


Рис. 8 – Облако точек сцены (вид сверху)

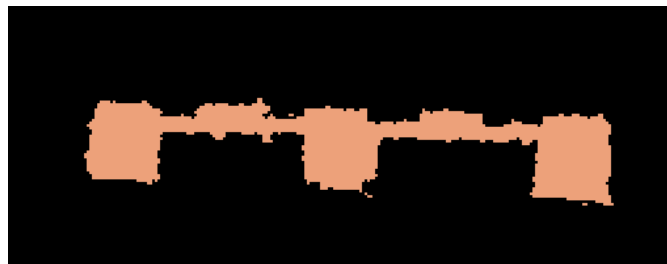


Рис. 9 – Облако точек переднего края паллеты (шаблон)

RANSAC

Random sample consensus (RANSAC) - итерационный метод для определения параметров математической модели с помощью множества наблюдаемых данных, которые содержат точки - выбросы, не удовлетворяющие модели (outliers). Поэтому RANSAC также может быть назван методом для определения выбросов. Это недетерминированный алгоритм в том смысле, что он возвращает приемлемый ответ только с определенной вероятностью, и с увеличением этой вероятности при росте числа затрачиваемых итераций. Базовое предположение метода за-

ключается в том, что данные состоят из модельных примеров и выбросов, которые не описываются математической моделью. При этом распределение модельных примеров может быть некоторым множеством параметров.

Эти выбросы могут прийти, например, от экстремальных значений шума или ошибочных измерений или неправильных гипотез о интерпретации данных. RANSAC также предполагает, что, учитывая (как правило, небольшой) набор модельных примеров, существует процедура, которая может оценить параметры модели, оптимально соответствующие и объясняющие эти данные, несмотря на примеры - выбросы.

RANSAC представляет собой метод для оценки параметров модели по случайным выборкам наблюдаемых данных. Для текущей выборки, элементы которой представляют собой набор инлайеров (элементов, удовлетворяющих итоговой модели) и выбросов, RANSAC использует схему голосования для того, чтобы найти оптимальные параметры модели, при которых модель описывала бы данные наилучшим способом в соответствии с выбранной метрикой. Далее элементы данных используются для того, чтобы проголосовать за одну или несколько моделей. Реализация такой системы голосования основана на двух допущениях: примеры, являющиеся шумом, не будут голосовать сколь угодно стабильно за одну модель и в данных достаточно примеров для того, чтобы удалось успешно выбрать хорошую модель в процессе голосования.

Одним из примеров применения алгоритма RANSAC является задача вписывания прямой в 2D точки. Так как среди данных есть выбросы, то оценка параметров модели (прямой) с помощью МНК (метод наименьших квадратов) приведет к неправильному нахождению параметров модели, потому что модель в этом случае будет построена используя все точки. RANSAC на каждой итерации выбирает две произвольные точки и строит модель на них, а проверяет количество точек, которые соответствуют модели, используя функцию оценки с заданным

порогом.

Алгоритм принимает на вход:

1. исходные данные X ,
2. функцию оценки M для вычисления параметров θ модели P по набору из n случайных точек,
3. функцию, проверяющую соответствие точек найденной модели,
4. пороговое значение для функции оценки,
5. максимальное количество итераций.

RANSAC представляет собой итерационный алгоритм, каждую итерацию которого можно разделить на 2 следующих этапа:

- Первый этап — выбор точек и нахождение параметров модели.

Из всего множества исходных точек X случайно выбираются n различных точек.

Используя только выбранные точки, вычисляются параметры модели θ .

- Второй этап — проверка найденной модели.

Для каждой точки исходного множества, проверяется ее соответствие полученной модели.

Каждая точка отмечается инлаером или выбросом.

Обновить результирующую модель, если текущий результат лучше того, что уже было найдено на предыдущих итерациях.

В конце работы цикла оставляется одна модель с лучшими параметрами.

В результате работы алгоритма получаются оптимальные параметры модели и разметка точек на инлаеры и выбросы по отношению к этой модели.

Одним из преимуществ алгоритма RANSAC является его способность дать оценку параметров модели с высокой точностью, даже если в исходных данных содержится большое количество выбросов.

Недостатком же метода является неопределенность верхней границы времени выполнения. RANSAC активно используется в компьютерном зрении.

Дескрипторы Point Feature Histograms (PFH)

Метод, основанный на PFH дескрипторах, используется для регистрации соответствий между моделями. Он основан на вычислении особенностей в окрестности специфических точек. Под особенностями понимаются, например, нормали и кривизна поверхностей. На основе полученных данных строятся гистограммы, позволяющие выбрать среди всех точек те, которые похожи друг на друга. Помимо обычного алгоритма PFH, существует быстрый алгоритм: Fast PFH (FPFH).

Методы PFH и FPFH реализованы в библиотеке PCL.

Итеративный алгоритм ближайших точек (ICP)

Итеративный алгоритм ближайших точек (англ. Iterative Closest Point — ICP) — алгоритм, использующийся для сведения к минимуму разницы между двумя облаками точек. ICP часто используется для восстановления двухмерных (2D) или трёхмерных (3D) поверхностей из разных сканов, для определения местоположения роботов и планирования оптимального их пути (особенно когда одометрия колеса ненадежна из-за скользкого ландшафта), регистрации модели кости и т.д.

Алгоритм концептуально прост и часто используется в режиме реального времени. Он многократно применяет преобразования (сме-

щение, вращение) необходимые для сведения к минимуму расстояния между точками из двух необработанных сканов.

Входы: точки из двух необработанных сканов, первичная оценка трансформации, критерии для остановки итерации.

Результат: совершенное преобразование.

По существу шагами алгоритма являются:

1. Связка точек по критерию ближайшего соседа.
2. Оценка параметров преобразования с помощью функции средне-квадратичной стоимости.
3. Преобразования точек с помощью оценочных параметров.
4. Многократные итерации (заново связывая точки и так далее).

В данной работе алгоритм может быть использован для уточнения результатов работы других алгоритмов.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью магистерской работы является: анализ, разработка и реализация алгоритмов распознавания объектов в облаках точек с возможностью их применения для автоматизации погрузчиков, перемещающих европаллеты на складах и других промышленных предприятиях.

В данном разделе производится расчет экономической оценки создания, реализации и тестирования алгоритмов распознавания объектов в облаках точек, для чего необходимо:

- организовать и спланировать работы;
- разработать календарный план работ;
- рассчитать затраты на материалы;
- рассчитать заработную плату исполнителей;
- рассчитать затраты на электроэнергию;
- рассчитать амортизационные расходы;
- рассчитать накладные расходы;
- определить затрат на реализацию проекта;
- оценить экономическую эффективность.

5.1 Организация и планирование работ

В таблице 5.1 представлено планирование загрузки каждого исполнителя проекта для каждого этапа работ. Это необходимо для того, чтобы правильно спланировать занятость участников проекта и сроки проведения работ. Загрузка исполнителей представлена в процентах, что представляет собой рациональную продолжительность. Этапы работ упорядочены в хронологическом порядке.

Таблица 5.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы выполнения работы	Исполнители	Загрузка исполнителей, %
Формулировка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение технического задания	И, НР	И – 50% НР – 100%
Поиск и изучение материалов по теме	И, НР	И – 100% НР – 0%
Разработка и утверждение календарного плана	И, НР	И – 100% НР – 60%
Обзор литературных источников	И, НР	И – 100% НР – 10%
Выбор алгоритмов для анализа	И, НР	И – 100% НР – 50%
Разработка собственного алгоритма под поставленную задачу	И, НР	И – 100% НР – 70%
Получение и обработка данных	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление материалов по работе	И	И – 100%
Заключение по работе	И, НР	НР – 60% И – 100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Существует несколько методов для расчета продолжительности этапов работ, например технико-экономический и опытно-статистический. Первый из них применяется для случаев с хорошо развитой нормативной базой трудоемкости задач. Это обычно связано с их частой повторяемостью. Однако, это почти невозможно в большинстве случаев, и поэтому чаще используется опытно-статистический метод, реализуемый как аналоговый или экспертный.

В аналоговом случае имеем достаточно простой и незатратный способ, возможный лишь тогда, когда в поле досягаемости имеется

неустаревающий аналог того, что планируется выполнить в ходе выпускной квалификационной работы. Но в большинстве случаев его глобальное применение невозможно, однако, он отлично применяется локально, для небольших частей работы.

Экспертный способ предусматривает привлечение экспертов предметной области для оценки трудоемкости каждого этапа работ.

В таблице 5.2 представлена продолжительность каждого этапа работ и занятость каждого исполнителя. Столбцы с 3 по 5 содержат реализацию экспертного подхода.

Таблица 5.2 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Формулировка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	5	3,2	3,8	-	4,6	-
Составление и утверждение технического задания	И, НР	2	3	2,4	2,9	1,4	3,5	1,7
Поиск и изучение материалов по теме	И, НР	9	13	8,6	-	10,3	-	12,4
Разработка и утверждение календарного плана	И, НР	5	8	6,2	4,5	7,4	5,4	9,0
Обзор литературных источников	И, НР	3	5	3,8	0,5	4,6	0,5	5,5
Выбор алгоритмов для анализа	И, НР	12	18	12,6	7,6	15,1	9,1	18,2
Разработка собственного алгоритма под поставленную задачу	И, НР	10	14	11,6	9,7	13,9	11,7	16,8
Получение и обработка данных	И	12	16	13,6	-	16,3	-	19,7
Оформление пояснительной записки	И	11	15	11,6	-	13,9	-	16,8
Оформление материалов по работе	И	7	9	7,8	-	9,4	-	11,3
Заключение по работе	И, НР	5	7	5,8	4,2	7,0	5,0	8,4
Итого:				87,2	33,1	99,4	39,9	119,7

Таблица 5.3 - Линейный график работ

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май		
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	4,6	-	■											
2	3,5	1,7	■	■										
3	-	12,4		■	■									
4	5,4	9,0			■	■								
5	0,5	5,5				■								
6	9,1	18,2					■	■						
7	11,7	16,8						■	■					
8	-	19,7							■	■	■			
9	-	16,8									■	■	■	
10	-	11,3											■	■
11	5,0	8,4												■

НР – ■; И – ■

5.1.2 Расчет накопления готовности проекта

В данном подразделе произведена оценка результатов работы над проектом на текущий момент. Величина готовности показывает процент готовности проекта, то есть суммарную готовность всех работ до текущего момента времени.

Пусть:

- $TP_{\text{общ}}$ – суммарная трудоемкость всех работ;
- TP_i – трудоемкость очередного (i-го) этапа работ;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта после его завершения;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе.

Степень готовности находится по формуле (5.5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (5.5)$$

Тогда таблица 5.2 может быть переписана в следующем виде (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого типа

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Формулировка целей и задач, получение исходных данных	2,9	2,9
Составление и утверждение технического задания	3,3	6,2
Поиск и изучение материалов по теме	7,8	13,9
Разработка и утверждение календарного плана	9,0	22,9
Обзор литературных источников	3,8	26,7
Выбор алгоритмов для анализа	17,1	43,8
Разработка собственного алгоритма под поставленную задачу	17,9	61,7
Получение и обработка данных	12,3	74,0
Оформление пояснительной записки	10,5	84,5
Оформление материалов по работе	7,1	91,6
Заключение по работе	8,4	100,0

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Для того, чтобы рассчитать смету затрат на выполнение проекта, необходимо учесть все расходы, которые могут случиться в ходе разработки (ее частей).

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:

- покупные изделия и материалы;
- заработная плата исполнителей;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию без учета расходов на освещение;
- амортизационные расходы;
- расходы на командировки исполнителей;
- услуги связи;
- аренда имущества;
- прочие услуги сторонних организаций;
- прочие расходы (накладные расходы).

5.2.1 Расчет затрат на материалы

Затраты на материалы включают в себя стоимость всех материалов, необходимых для выполнения работ, например, стоимость материалов, каких-либо покупных изделий, оборудование, стоимость которого не превышает 40 тысяч рублей. Для определения стоимости каких-либо материалов или оборудования, необходимо посмотреть ее в договоре поставки или в другом сопроводительном документе.

Также в затраты на материалы обычно включаются расходы на различные операции купли-продажи. По-другому эти операции называются транзакциями. Обычно они оцениваются приблизительно как 5-15 процентов от цены

оборудования или материала. Расчет затрат на материалы представлен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Листы бумаги А4 для печати	224	1 уп.	224
Картридж для печати	1300	1 шт.	1300
Kinect	11605	1 шт.	11605
Европаллета	0	1 шт.	0
Железная тележка	0	1 шт.	0
Итого:			13129

Пусть ТЗР составляют 10 % от цены материалов. В этом случае материальные расходы могут быть найдены как сумма цены материалов и ТЗР, а именно $C_{\text{мат}} = 13129 * 1,1 = 14441,9$ руб.

5.2.2 Расчет заработной платы

Здесь приводится описание расходов на зар. платы научного руководителя и исполнителя. Все расчеты выполняются учитывая трудоемкость выполнения каждого этапа и оклад исполнителя в месяц. Для расчета среднедневной тарифной заработной платы, можно воспользоваться следующей формулой:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/24,83. \quad (5.6)$$

Она учитывает то, что всего в году 298 рабочих дней, а в месяце соответственно $298 / 12 = 24,83$. Здесь рассматривается шестидневная рабочая неделя.

В таблице 5.6 приведены расчеты заработной платы исполнителя (инженера) и научного руководителя. Здесь, из таблицы 5.2 взяты временные затраты по каждому исполнителю проекта (данные взяты в рабочих днях путем округления до ближайшего целого). Для того, чтобы учесть в составе заработной платы премии и дополнительные заработные платы, а также районные надбавки, будем использовать следующие коэффициенты: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от базовой (тарифной) суммы заработной платы исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующей зарплатной

части сметы (полному заработку) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,3 * 1,188 * 1,1 = 1,7$. Значение $K_{доп.зп}$, упомянутое выше, применяется при шестидневной рабочей неделе. В случае пятидневной рабочей недели оно равно 1,113 и в этом случае интегральный коэффициент $K_{и} = 1,62$.

Таблица 5.6 - Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	936,97	33	1,699	52532,86
И	7 864,11	316,72	99	1,699	53272,62
Итого:					105805,48

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Единый социальный налог необходим для мобилизации средств граждан для выплат текущих пенсий, нормального функционирования социальных и медицинских услуг. Расходы на ЕСН равны 30% от зар. платы, то есть $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3 = 105805,48 * 0,3 = 31741,64$ руб.

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Здесь приводятся расчеты расходов на электроэнергию, израсходованную в ходе выполнения работ над проектом. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (5.7)$$

где $P_{об}$ – мощность оборудования, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на электроэнергию за 1 кВт·час;

$t_{об}$ – количество часов, которые работало оборудование.

В случае ТПУ тариф на электроэнергию составил $Ц_{э} = 5,257$ руб./квт·час (с НДС).

Для вычисления времени работы оборудования можно воспользоваться данными таблицы 5.2 для исполнителя-инженера в расчете на то, что его рабочий день длится 8 часов.

$$t_{об} = T_{рД} * K_t, \quad (5.8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рД}$, обычно задается исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Для вычисления мощности, которую потребляет оборудование, можно воспользоваться следующей формулой:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_C \quad (5.9)$$

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

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки. Он зависит 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 5.7.

Таблица 5.7 - Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	$795,2 * 0,8 = 636,16$	0,33	1103,62
Лазерный принтер	10	0,4	20,8
Итого:			1124,42

2.5 Расчет амортизационных расходов

Здесь выполняется расчет амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для этого используется следующая формула:

$$C_{ам} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (5.10)$$

где N_A – норма амортизации для единицы оборудования в год;

$C_{\text{ОБ}}$ – стоимость единицы оборудования на балансе фирмы с учетом ТЗР. В том случае, если нет возможности получить данные о балансовой стоимости из бухгалтерии, ее можно заменить действующей ценой из таких источников, как ценники, прейскуранты и др.;

F_d – реальное время работы оборудования в течение года, может быть взято из специальных справочников или вычислено из режима его использования в текущем году. Второй вариант дает более объективную оценку $C_{\text{АМ}}$. Например, для ПК в 2015 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) время работы может быть вычислено как $F_d = 8 \times 298 = 2384$ ч;

$t_{\text{рф}}$ – реальное время работы оборудования, должно учитываться исполнителем;
 n – количество однотипных единиц оборудования, задействованных в ходе выполнения работ над проектом.

Сроки амортизации персонального компьютера от 2 до 3 лет. Пусть C_A равно 2.5 года. Теперь определим N_A как величину, обратную $C_A = 1 / 2,5 = 0,4$.

Стоимость персонального компьютера 22266,73 руб., время использования 795,2 часа, тогда $C_{\text{АМ}}(\text{ПК}) = (0,4 \times (99,4 \times 8) \times 22266,73 \times 1) / 2384 = 2970,89$ руб.

Стоимость принтера 8425 руб., его $F_d = 500$ час.; $N_A = 0,5$; тогда его $C_{\text{АМ}}(\text{Пр}) = (0,5 \times 8425 \times 10 \times 1) / 500 = 84,25$ руб.

Итого начислено амортизации 3055,14 руб.

5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, а именно транспортные расходы, суточные, компенсация стоимости аренды жилья;
- получение какого-нибудь имущества в аренду;
- оплата услуг мобильной связи и интернета;
- услуги других организаций.

Суточные в размере 100 рублей в сутки.

5.2.7 Расчет прочих расходов

Для вычисления прочих расходов, необходимо их принять как 10% от суммы всех остальных расходов.

$$C_{\text{проч.}} = (105805.48 + 14441.9 + 31741.64 + 3055.14 + 1124.42) \cdot 0,1 = 15666,67 \text{ руб.}$$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общая себестоимость проекта по категориям представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 - Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	14441,9
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	105805,48
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	31741,64
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1124,42
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3055,14
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	15666,67
Итого:		171835,35

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 171835,35$ руб.

5.2.8 Расчет прибыли

Существуют различные способы для определения прибыли 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.). В том случае, если исполнитель не имеет данных для применения более сложных методов, то прибыль следует

принять в размере 5 - 15 % от полной себестоимости проекта. В данной работе она составляет 34367,07 руб. от расходов на разработку проекта (20 %).

5.2.9 Расчет НДС

Налог на добавочную стоимость (НДС) равняется 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(34367.07 + 171835,35) \times 0,18 = 37116,44$ рублей.

5.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме прибыли, полной себестоимости и НДС, что в данном случае равно

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 171835,35 + 34367.07 + 37116,44 = 243318,86 \text{ руб.}$$

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Оценка экономического эффекта выходит за рамки представленной работы и предполагает отдельного системного исследования. Результаты данной работы по исследованию алгоритмов распознавания объектов в облаках точек могут быть использованы не только для автоматизации погрузчиков паллет в складских помещениях. Это позволяет отказаться от водителя погрузчика, что напрямую уменьшает расходы на персонал, и в целом сделать складской процесс более эффективным за счет значительного уменьшения человеческого фактора. Также возможно повышение производительности транспортного оборудования в целом, снижение риска аварий и повреждения складского оборудования и хранимых ценностей.

Также может быть эффективным применение этой технологии в других сферах и условиях, где необходимо распознавать 3D объекты.

5.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Для того, чтобы понять как проект влияет на прогресс в данной области, можно использовать научно-технический уровень.

В данной работе используется метод бальных оценок для того, чтобы оценить техническую значимость, научную ценность и эффективность работы.

Суть бальной оценки заключается в том, что каждый фактор соответствует присвоению определенного количества баллов каждому фактору. Для вычисления обобщенной оценки необходимо просуммировать просуммировать бальные оценки по всем показателям. Вывод о целесообразности вкр делается на основе вычисленной обобщенной оценки.

Частные оценки уровня и их краткие описания представлен на рис. 5.16.

Таблица 1.16 - Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	4	Внедрение системы в российские и зарубежные разработки, даст возможность автоматизировать промышленные процессы на различных предприятиях (например, на складах)
0,1	Теоретический уровень	Разработка алгоритма, программы	6	Разработка и реализация алгоритма для распознавания объекта в облаке точек.
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Быстрое наполнение базы клиентов

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{\text{нту}} = 0,1 \times 6 + 0,4 \times 4 + 0,5 \times 10 = 0,6 + 1,6 + 5 = 7,4$$

Таким образом, исходя из данных таблицы 5.15, данный проект находится на границе среднего и высокого уровня научно-технического эффекта.

Список публикаций студента

1. Санников М. А. Применение технологии cuda к реализации эволюционного алгоритма для решения задачи коммивояжера // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015 - №. 1-3 (32). - С. 26
2. Санников М. А. Разработка операторов скрещивания и мутации для применения эволюционных алгоритмов к решению задачи коммивояжера // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015 - №. 1-3 (32). - С. 25