

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) - 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Контроль дефектов внешней поверхности изделия. Построение объемной модели. УДК 004.3:629.05:623.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Сургай Павел Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	к.т.н, доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Мамонова Т.Е.	к.т.н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P7	применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
Универсальные компетенции	
P8	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду
P11	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) - 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения - осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.05.2019	Основная часть	75
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	15
15.05.2019	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин А.В.	к.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Т. Е.	к.т.н.		

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

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Мамонова Т.Е.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8E51	Сургай Павелу Александровичу

Тема работы:

Контроль дефектов внешней поверхности изделия. Построение объемной модели

Утверждена приказом директора (дата, номер)

06.05.2019 3492/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Предметом проектирования является алгоритм построения объемной модели по серии фотографий реального объекта. Программное обеспечение должно выполнять построение объемной модели при определенных условиях освещения и при достаточной информативности кадров.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести сравнительный анализ существующих методов построения моделей; 2. Выбрать инструменты для программирования; 3. Написать программу для восстановления ракурсов снимков; 4. Написать программу для составления объемной модели; 5. Спроектировать структуру программы; 6. Провести оптимизацию программы; 7. Протестировать программу.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Блок-схема работы алгоритма
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН ШБИП, к.ф.н.</p>

Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Сургай Павел Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Сургай Павлу Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад студента – 1906 руб., Оклад руководителя – 33664 руб. Человеческие ресурсы – 2 человека (руководитель и студент).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.; Годовая норма амортизации составляет 40 %
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: 1. определение структуры работ, 2. определение трудоемкости работ, 3. создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку: 4. материальные затраты, 5. заработная плата (основная и дополнительная), 6. социальные отчисления, 7. накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	Определение эффективности разработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT,
2. Диаграмма Ганта,
3. Расчет бюджета затрат.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Сургай Павел Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8E51	Сургай Павлу Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является алгоритм построения модели объекта по серии фотоаграфий. Разработанная программная компонента применяется для 3D реконструкции объекта.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ol style="list-style-type: none"> 1. специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 2. организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Трудовой кодекс РФ; 4. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы»; 5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; 6. СанПиН 2.2.4.548-96; 7. ТОИ Р-45-084-01; 8. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.; 9. «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.; 10. ГОСТ 12.1.033-81 Система

	<p>стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения;</p> <p>11. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»;</p> <p>12. Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.;</p> <p>13. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные производственные факторы: шум, освещенность, микроклимат, нервно-психические перегрузки.</p> <p>Опасные производственные факторы: электрический ток, статическое электричество.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на атмосферу, гидросферу отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: утилизация ПК, утилизация ламп освещения.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возникновение пожара на рабочем месте.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Сургай Павел Александрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 68 страниц, 26 рисунков, 23 таблицы, 8 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: 3d сканер, карты глубин, триангуляция, особая точка, фотограмметрия, дескрипторы, облако точек.

Объектом исследования является алгоритм по построению объемной модели объекта по его фотографиям.

Цель работы: написание программы для составления объемных моделей реальных объектов по их фотографиям.

В данной работе был разработан алгоритм создания объемной модели объекта в формате .nvm по серии круговых фотографий со стереопары.

Предполагается, что внедрение разработанной системы в производство позволит увеличить качество продукции. Данная система контроля может применяться на промышленных предприятиях конвейерного типа, например предприятия по производству автомобилей, в частности АО «АвтоВАЗ».

Область применения: контроль качества на предприятии, выпускающем готовую серийную продукцию: Юргинский машиностроительный завод, "Ижмаш", Авиастроительный завод "Сокол" и так далее.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и представлена на диске DVD (usb-flash) (в конверте на обороте обложки).

Содержание

Введение.....	15
1 ТЗ на разработку «Программного обеспечения для построения 3D модели в целях контроля за видимыми дефектами продукции»	17
1.1 Основные положения.....	17
1.2 Функции разрабатываемого ПО	17
1.3 Параметры ПО.....	17
1.4 Требования.....	17
2 Проектирование алгоритма построения модели.....	19
2.1 Общий алгоритм построения модели	19
2.2 Алгоритм построения нетекстурированной модели	21
2.3 Метод SIFT	22
2.4 Построение облака точек объекта в пространстве	23
2.5 Построение плотного облака точек в пространстве.....	25
2.6 Оптимизация работы алгоритма.....	25
2.6.1 Этап 1	26
2.6.2 Этап 2	32
2.7 Заключение по разделу Проектирование алгоритма построения модели	36
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	37
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	37
3.1.2 SWOT-анализ	37
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	41
3.3 Определение трудоемкости выполнения работ	43
3.4 Разработка графика проведения научного исследования.....	44
3.5 Расчет затрат.....	48
3.6 Расчет затрат на специальное оборудование	48
3.7 Основная заработная плата исполнителей темы	49
3.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	50

3.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	50
3.10 Накладные расходы	51
3.11 Формирование бюджета затрат проекта разработки.....	51
3.12 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	52
3.13 Заключение по разделу Финансовая часть	54
4 Социальная ответственность	55
4.1 Введение раздела Социальная ответственность	55
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	56
4.3 Производственная безопасность	57
4.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	58
4.5 Отклонения параметров микроклимата.....	59
4.6 Нервно-психические перегрузки	60
4.7 Статическое электричество	61
4.8 Электрический ток	61
4.9 Экологическая безопасность.....	62
4.10 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	63
4.11 Заключение по разделу Социальная ответственность	64
Заключение	66
Список использованных источников	67
Приложение А Схема последовательности построения объемной модели продукта на основе фотографий	68

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Стереоскопическое зрение: тип зрения, при котором происходит оценка размеров и расстояния до объекта, например, благодаря бинокулярному зрению;

Нетекстурированная модель: совокупность точек модели в трехмерном пространстве не покрытая текстурами;

Карта глубины: изображение, содержащее информацию о дистанции до объектов на изображении;

Триангуляция: это метод расчета положения точек в пространстве, путем построения в пространстве ряда смежных треугольников, в которых известна длина (относительная длинна в данном случае) одной стороны и углы, а длины остальных сторон определяют тригонометрически;

Гауссиан: в контексте данной работы, это результат размытия изображения фильтром Гаусса;

Разностью гауссианов: результат попиксельного вычитания гауссианов исходного изображения с разным радиусом размытия;

Особая точка: область на изображении содержащая в себе характерный признак объекта , которую можно определить на изображении объекта в разных ракурсах ;

Дескриптор: это набор характеристик особой точки, позволяющий идентифицировать и сравнивать между собой особые точки объекта на его изображениях;

Облако точек: это набор точек в трёхмерном пространстве полученных в ходе построения модели;

Сшивание модели: это процесс программного наложения карты глубин на замкнутые контуры внутри каркаса модели, с целью заполнения пустот в модели облаком точек, определяющим форму плавных поверхностей объекта;

Полигональная сетка: совокупность вершин и граней модели, отражающие геометрическую форму объекта моделирования;

Введение

В последние десятилетия активно развивается массовая роботизация и автоматизация производств. В частности, применение интеллектуальных систем на производстве – систем компьютерного зрения открывает возможности контроля технологических процессов и качества выпускаемой продукции. Компьютерное зрение считается относительно молодым и перспективным направлением с широкими возможностями по применению в различных сферах. Так, решение огромного количества задач современного мира производится посредством обработки цифровых изображений. Однако исследование плоских изображений не позволяет получить полное представление об объекте, поэтому множество предприятий нуждаются в трехмерных моделях тех объектов, с которыми они работают.

На сегодняшний день 90% 3D моделей создаются вручную. Применяя специальные редактор, инженеры или дизайнеры составляют 3D модель реального объекта. Время затрачиваемое на такое составление модели варьируется от 2х человеко-часов до десятков человеко-часов. Иногда, время играет ключевую роль на производстве и модель нужно получить в реальном времени. В таких случаях для автоматизации построения 3D моделей применяются методы трехмерной реконструкции – воссоздания трехмерных поверхностей наблюдаемых объектов.

Автоматическое реконструирование 3D моделей экономит время, в сравнении с ручным моделированием. Внедрение таких систем в производственном предприятии позволяет применять модели для обнаружения дефекта в продукции. Чем более масштабно производство, тем большие издержки способна предотвратить система контроля качества с двумя важными условиями. В первую очередь, надежность определения дефекта должна стремиться к 99%-100%, и во вторую очередь, обнаружение должно произойти своевременно для того, чтобы дефектный процесс не

успел испортить большое количество товарных единиц, и тем более, повлиять на работу оборудования. В дополнение к вышесказанному, на масштаб потерь производителя напрямую влияет скорость определения и устранения дефектного процесса, следовательно, чем больше информации о дефектном товаре способна предоставить система контроля, тем вероятнее и быстрее удастся локализовать источник проблемы и избежать серьезных потерь или даже угрозы для чьей-либо жизни. На основании данных зависимостей, было принято решение о разработке системы контроля геометрии деталей методами оперативной 3d реконструкции.

Наиболее очевидным аналогом подобной системы является оценка качества товара оператором[1]. При такой реализации контроля наблюдается низкая надежность обнаружения, высокая сложность для человека, в связи с однообразностью работы. Ещё один аналог, это системы визуального контроля качества производства Международного клуба оптических инноваций[2]. Данное решение характеризуется надежностью обнаружения стремящейся к 100% и своевременным обнаружением дефекта. Однако, данная система предоставляет небольшое количество информации о бракованной детали, и в случае обнаружения дефекта требуются дополнительные меры по сбору информации, для устранения нарушения в технологическом процессе. Задача разработки заключается в том, чтобы обеспечить высокую надежность обнаружения брака и достаточное кол-во информации для оперативного анализа и быстрого устранения проблемы.

Объектом исследования в данной работе является контроль качества за продукцией на производстве. Целью работы является разработка системы контроля геометрических дефектов продукции, построение 3D модели и сопоставление параметров продукции с 3D моделью. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Составление 3D модели для сопоставления с реальным объектом.

1 ТЗ на разработку «Программного обеспечения для построения 3D модели в целях контроля за видимыми дефектами продукции»

ШИФР: контроль качества

Назначение: этот алгоритм предназначен для контроля за видимыми дефектами продукции

Область применения: на промышленном производстве

Объектом управления является: стереокамера совместно с ЭВМ

1.1 Основные положения

Состав: применение данного программного обеспечения подразумевает наличие любой серийно выпускаемой стереопары с необходимыми характеристиками точности в условиях определенного производства.

1.2 Функции разрабатываемого ПО

1. Выполнять построение 3D модели реального объекта
2. Выводить необходимую и достоверную информацию в удобной для компьютерной обработки форме.

1.3 Параметры ПО

1. Максимальная ошибка по ширине и высоте не более 2%
2. Максимальная ошибка по глубине не более 3%
3. Максимально отклонение углов не более 3%

1.4 Требования

1. Алгоритм должен осуществлять работу в условиях хорошей освещенности
распределенного освещения не менее 300 люкс
2. Исследуемый объект не должен в себя включать зеркальных, прозрачных и светящихся поверхностей.
3. В воздушной среде между камерой и объектом должна быть соблюдена концентрация пыли не более 4 согласно таблице:

Класс N ИСО (N - классификационное число)	Максимально допустимая концентрация частиц, частиц/м ³ , с размерами равными или большими следующих значений, мкм						МК
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	5,0	
Класс 1 ИСО	10	2	нд	нд	нд	нд	нд
Класс 2 ИСО	100	24	10	4	нд	нд	нд
Класс 3 ИСО	1000	237	102	35	8	нд	нд
Класс 4 ИСО	10000	2370	1020	352	83	нд	нд
Класс 5 ИСО	100000	23700	10200	3520	832	29	5
Класс 6 ИСО	1000000	237000	102000	35200	8320	293	50
Класс 7 ИСО	нк	нк	нк	352000	83200	2930	100
Класс 8 ИСО	нк	нк	нк	3520000	832000	29300	500
Класс 9 ИСО	нк	нк	нк	35200000	8320000	293000	нк
Из-за неопределенностей, возникающих при счете частиц, при классификации следует использовать значения концентрации, имеющие не более трех значащих цифр							

рисунок 1– допустимая концентрация пыли

2 Проектирование алгоритма построения модели

2.1 Общий алгоритм построения модели

Общий алгоритм построения модели, согласно учебному пособию по фотограмметрии[3] включает в себя следующие этапы:

1. Круговая серия стереофотографий образца. Для получения 3D модели нужно отснять объект в разных ракурсах
2. Построение разряженного облака точек модели
3. Построение плотного облака точек модели
4. Текстурирование модели
5. Вывод результатов моделирования

Однако, ввиду того, что сфера применения алгоритма требует надежности построения модели стремящейся к 99%-100%, а так же ограниченности времени для съятия кадров, было принято решение модифицировать алгоритм таким образом, чтобы снизить необходимое для построения модели количество кадров по меньшей мере в полтора раза.

Для достижения такого эффекта пришлось увеличить вычислительную сложность более чем на 50%, за счет включения в алгоритм фильтрации шумов и ректификации камер, а так же добавления ветви параллельной вычислению облака точек. Данной ветвью алгоритма является построение карты глубин для пар изображений. При этом, методы поиска особых точек подобраны таким образом, чтобы параллельные ветви алгоритма имели свою специализацию. Модифицированный алгоритм представлен на рисунке 2.

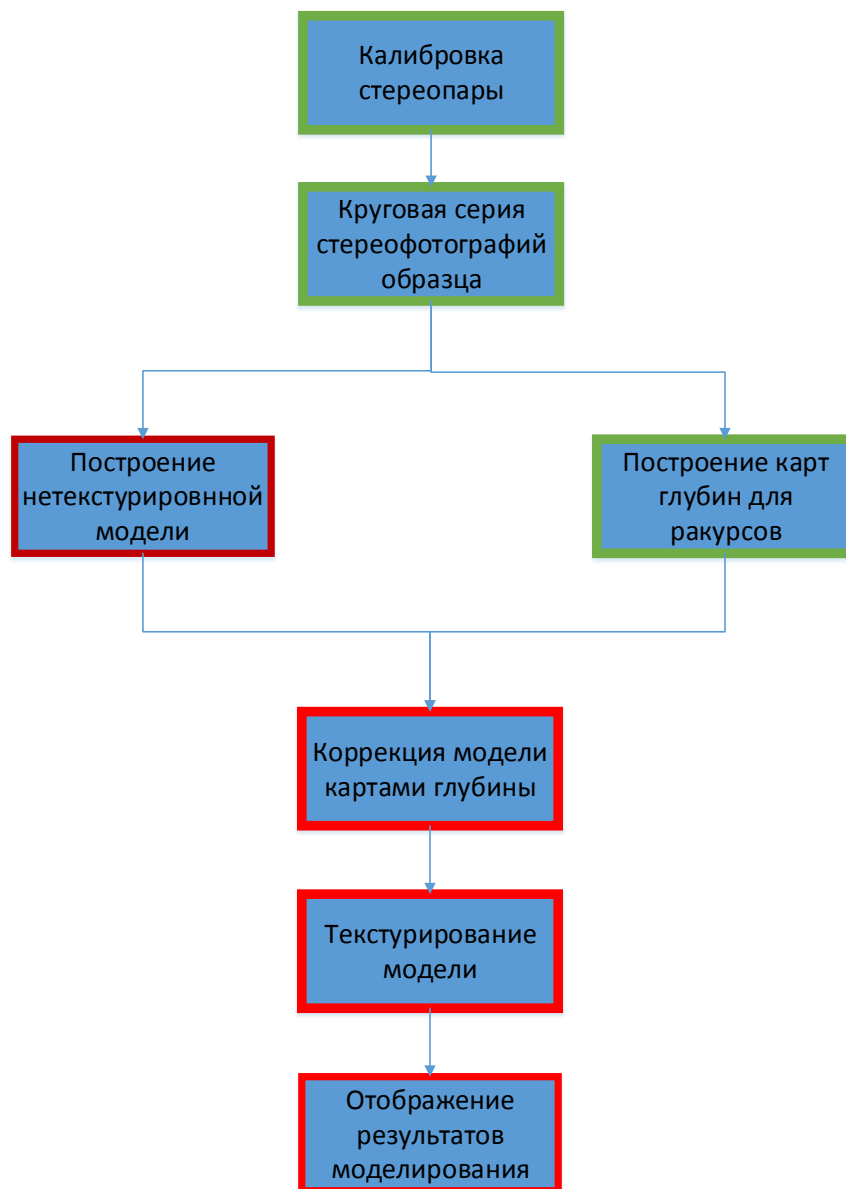


рисунок 2 - общий алгоритм работы программы

1. Калибровка стереопары. Камеры имеют параметры, влияющие на качество изображения. Калибровка отвечает за их компенсирование.
2. Круговая серия стереофотографий образца. Для получения 3D модели нужно отснять объект в разных ракурсах.
3. Построение карты глубины для ракурсов. Карта глубины позволяет провести контроль геометрии объекта.
4. Построение не текстурированной модели. Построение 3D модели реального объекта по снимкам. Эта часть алгоритма ориентирована на определение вершин, граней и углов.

5. Коррекция модели картами глубин. Геометрия 3D модели объекта сопоставляются с картами глубин, что увеличивает надежность работы алгоритма. Эта часть алгоритма адаптирована под определение плавных и однородных поверхностей.
6. Текстурирование модели. Этот этап необходим для удобства компьютерной обработки модели и извлечения из неё информации.

2.2 Алгоритм построения нетекстурированной модели

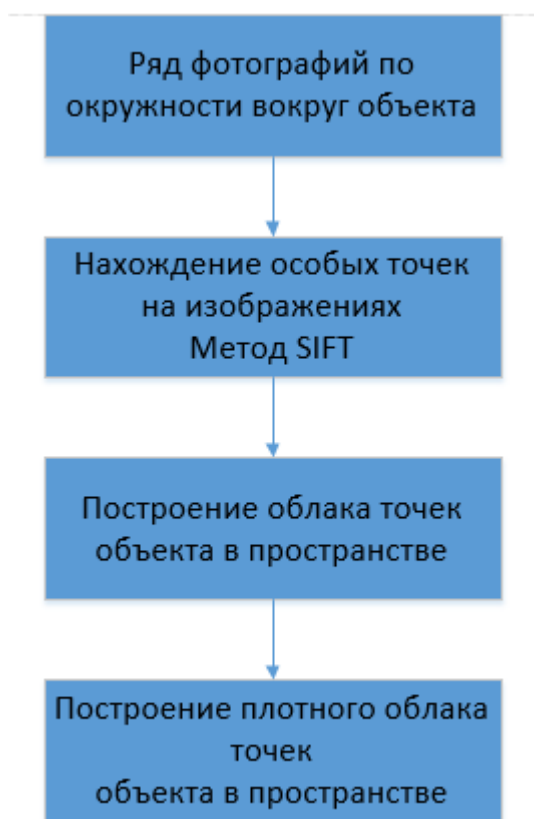


рисунок 3 – построение нетекстурированной модели

1. Ряд фотографий по окружности вокруг объекта необходимо выполнять с перекрытием кадров не менее 80% (согласно пособию [1]), чтобы на изображениях можно было отследить достаточное количество особых точек. В модифицированном алгоритме требуется соблюдать перекрытие кадров не менее 70%, так в качестве камеры используется стереопара.

2. Метод нахождения особых точек SIFT обеспечивает устойчивость алгоритма к смене масштаба фотографий, а так же позволяет сократить требуемое перекрытие кадров до 65%, что приводит к снижению числа требуемы кадров и ускорение процесса съемки.

3. Построение облака точек , а так же уплотнение облака точек в алгоритме не было модифицировано, выполняется согласно алгоритму , предложенному в учебном пособии[1].

2.3 Метод SIFT

Для того, чтобы найти на изображении особую точку, требуется построить пирамиду гауссианов по следующей формуле:

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (1)$$

где L — значение гауссиана в точке с координатами (x, y)

σ — радиус размытия

G — гауссово ядро

I — значение исходного изображения

$*$ — операция свертки

Точка считается особой, если является локальным экстремумом для разности соседней по масштабу пары гауссианов на изображении.

В методе SIFT в качестве дескриптора выступает вектор получаемый в ходе определения разностей гауссианов в пределах сканирующего окна. Но для этого, сначала рассчитывается условное направление всех четверок точек изображения. По изображению проходят сканирующим окном, и вычисляют градиент, имеющий направление. Затем повторяют сканирование, и находят доминирующее направление в пределах каждого сканирующего окна. Разрешение изображения снижается после каждого сканирования, а результаты каждого сканирования складывают в тензор.

После этого из тензора выбирают точки, соответствующие требованию локального экстремума и считают их особыми.

Визуализация нахождения дескриптора представлена на рисунке 4, а визуализация самих дескрипторов (только для особых точек) на рисунке 5.

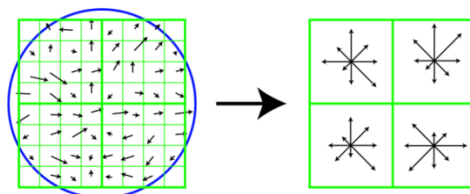


рисунок 4 - дескриптор

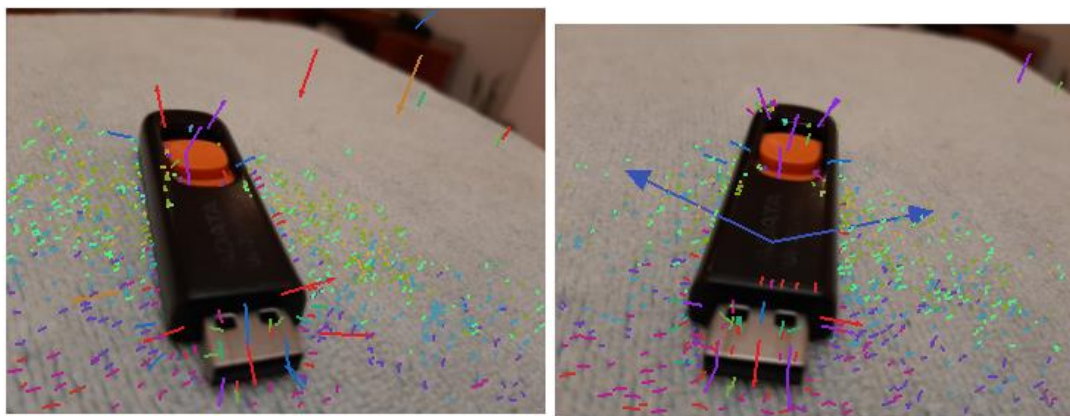


рисунок 5 - визуализация дескрипторов особых точек на реальной паре изображений

2.4 Построение облака точек объекта в пространстве

Облако точек строится из особых точек исходных изображений, для которых найдены дескрипторы (далеко не все точки исходного изображения). В первую очередь для изображений методом триангуляции определяются их относительные ракурсы, на основании координат особой точки в плоскости изображения и разности координат её же в соседних изображениях (каждое изображение объекта должно перекрывать не менее 60% соседнего поэтому у каждой пары изображений есть множество общих особых точек). (рисунок 6).



рисунок 6 - относительный ракурс изображения

По среднему геометрическому углу точки (информация содержащаяся в дескрипторе) определяется глобальная ориентация плоскости кадра. А глубина точки определяется из условия примыкания соседних точек(сохранения расстояния между ними в кадре). (рисунок 7)

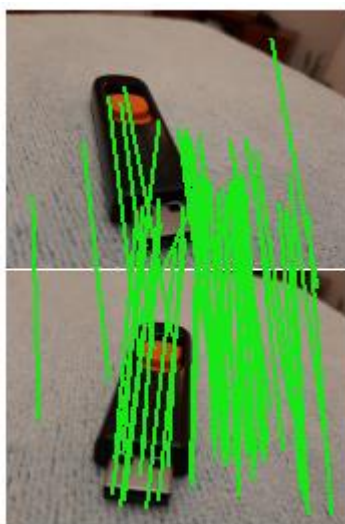


рисунок 7 - соответствие особых точек на разных кадрах

Результат работы данной части программы для всех последовательных пар кадров сводится в общий файл разряженного облака точек. (рисунок 8)

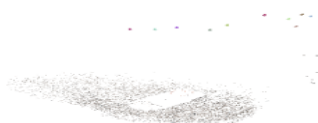


рисунок 8 - визуализация разряженного облака точек

2.5 Построение плотного облака точек в пространстве

Построение плотного облака происходит интерполяцией пикселей между точками разреженного облака. Некоторая область между особыми точками плоского изображения лежит в той-же плоскости, что и сама группа особых точек, в этом случае значение пикселя такой точки переносится в область между ними. (рисунок 9)

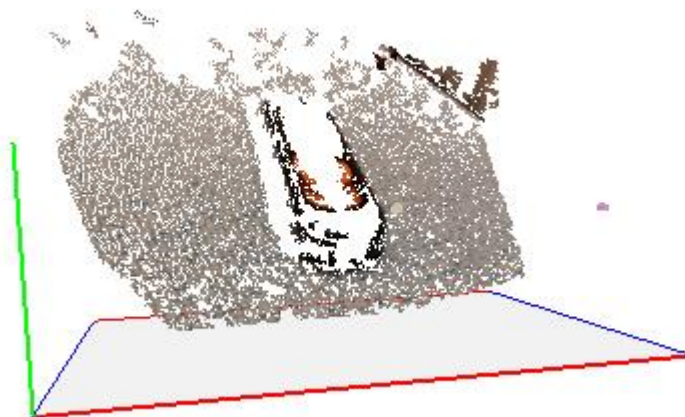


рисунок 9 - визуализация плотного облака точек

2.6 Оптимизация работы алгоритма

Программная реализация алгоритма была выполнена на языке C++, с применением следующих библиотек и модулей:

- 1) Построение дескрипторов - ядро SIFT.
- 2) Установление соответствия точек алгоритм ближайших соседей. Ядро NNS(openMVG).
- 3) Прямая и обратная фотограмметрическая засечка (feature tracking from openMVG) `tracksBuilder.Build(map_Matches)`.
- 2) Построение разреженного облака точек OpenMVG (`globalSfm(cloud)`).

3) Построение плотного облака точек OpenMVS, после неудачной попытки было принято решение о смене библиотеки на её модифицированную версию PMVS .

4) Коррекция модели картами глубин. Построение карты глубин-скрипт Телепнева Андрея. (Метод заливки замкнутого контура).OpenSfM.

5) Наложение текстур метод простого сэмплинга, модифицированная библиотека OpenGL.

2.6.1 Этап 1

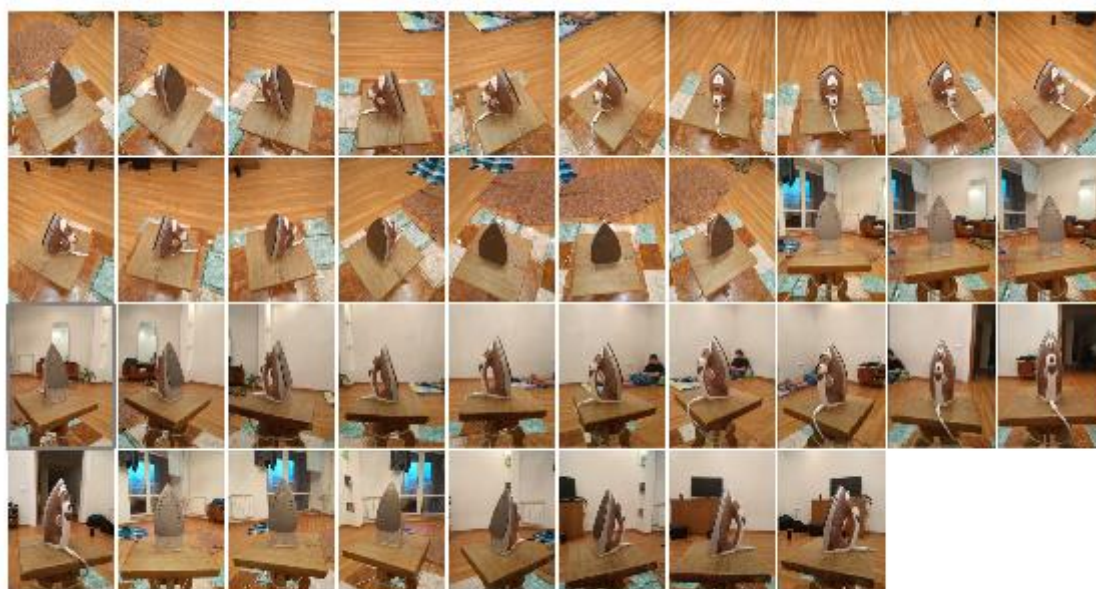


рисунок 10 - фотографии утюга

1: 2	
image_size:	959x1280
#sift count:	3075
2: 3	
image_size:	959x1280
#sift count:	2890
3: 4	
image_size:	959x1280
#sift count:	2623
4: 5	
image_size:	959x1280
#sift count:	1996
5: 6	
image_size:	959x1280
#sift count:	2938

рисунок 11 - лог результатов поиска особых точек на изображениях

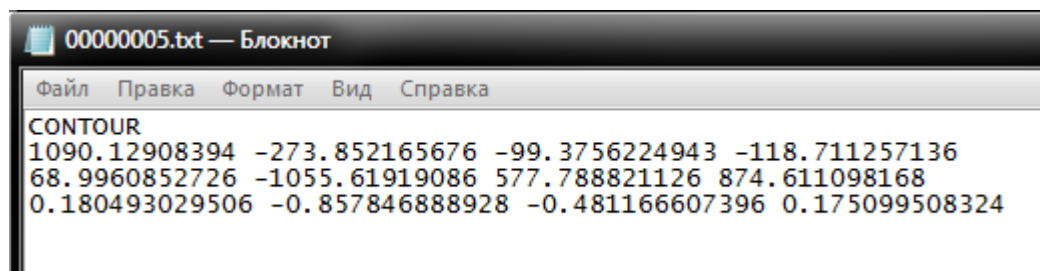


рисунок 12 - дескриптор особой точки в текстовом редакторе

Нахождение особых точек и построение дескрипторов и нахождение соответствий без оптимизации занимает довольно много времени, так как имеет высокую вычислительную сложность. Построение для всех изображений заняло 206 секунд.

```

0022 and 0037: 33 matches, 0.00sec, #1
0035 and 0037: 63 matches, 0.05sec, #2
0034 and 0037: [13/25], H[6], 0.10sec
0036 and 0037: 165 matches, 0.02sec, #0
0035 and 0037: [45/63], H[9], 0.03sec
0036 and 0037: [131/165], H[71], 0.01sec
0022 and 0037: [16/33], H[6], 0.04sec
0023 and 0037: 47 matches, 0.02sec, #1
0023 and 0037: [34/47], H[11], 0.00sec
0024 and 0037: 66 matches, 0.02sec, #1
0024 and 0037: [47/66], H[38], 0.00sec
0025 and 0037: 53 matches, 0.02sec, #1
0025 and 0037: [37/53], H[29], 0.00sec
0026 and 0037: 8 matches, 0.01sec, #1

#####-----timing-----#####
703 Image Match finished, 51 sec used
#####

-----
Compute Missing Pairwise Matching, finished
Totally 206.000 seconds used

```

рисунок 13 - построение разреженного облака точек

```

#####
#27: [36] sees 529 (+213) 3D points
Estimated Focal Length [2415][1.89N]
# 138 projs (0 pts and 1 merges)
SKIP: 0 cams, 510 points, 1082 projs
PBA: 5704 3D pts, 20 cams and 19076 projs...
PBA: 1.133 -> 0.937 (5 LMs in 0.44sec)
#points w/ large errors:      2

#####
#27/27: 2596 projs and 1176 pts added.
PBA: 7327 3D pts, 27 cams and 22511 projs...
PBA: 32.170 -> 6.368 (50 LMs in 13.47sec)
#points behind cam :      5
#points w/ large errors:    171
#unstable points removed:  169
PBA: 6972 3D pts, 27 cams and 21377 projs...
PBA: 5.117 -> 4.582 (50 LMs in 14.51sec)
#points w/ large errors:    41
#unstable points removed:   3
Focal Length : [2414.566]->[8808.360]
Radial Distortion : [-38.094 -> -129]

#####

```

рисунок 14 - лог функции поиска особых точек

Как видно по логу функции, множество точек было не пригодно для включения в облако (для 27го кадра 169 точек исключено и 171 точка осталась без дескриптора). Такая ситуация-результат неправильного освещения сцены и проблемы с фокусировкой камеры, что привело к нестабильной работе алгоритма.

Визуализация разреженного облака (рисунок 15)



рисунок 15 - визуализация разряженного облака точек

По разряженному облаку точек контуры исследуемого объекта даже не угадываются, однако заметно множество точек фона. Такое поведение алгоритма есть результат применения плохо отрегулированной камеры.

Построение плотного облака точек (рисунок 16)





рисунок 16 - визуализация плотного облака точек

Как видно из визуализации плотного облака, общая геометрия объекта передана, однако, на модели встречаются шумы и проплешины, что является результатом большого числа ошибочных особых точек. Если геометрия объекта простая, то подобные проблемы должны решиться наложением полигональной сетки. Однако, для передачи мелких деталей на сложных объектах необходимо повысить надежность работы алгоритма и качество освещения и камеры.

Перед следующим экспериментом было исправлено освещение, и взят меньший по размеру объект.

```
#####
#48: [232..2380b] sees 761 (+334) 3D points
Estimated Focal Length [1072][0.84N]
# 1091 projs (303 pts and 39 merges)
PBA: 13904 3D pts, 48 cams and 75265 projs...
PBA: 0.448 -> 0.390 (21 LMs in 2.36sec)
#points w/ large errors: 4
#unstable points removed: 1
Focal Length : [1071.779]->[1044.513]
Radial Distortion : [0.012 -> 2]

#####
#49: [760..8ccd2] sees 1273 (+426) 3D points
Estimated Focal Length [1054][0.82N]
# 1376 projs (382 pts and 84 merges)
SKIP: 0 cams, 16141 points, 46614 projs
PBA: 10449 3D pts, 20 cams and 54811 projs...
PBA: 0.644 -> 0.454 (5 LMs in 0.93sec)
Focal Length : [1053.822]->[1043.828]
Radial Distortion : [0.011 -> 2]
```

рисунок 17 - лог функции поиска особых точек

По логу функции построения облака разряженных точек на рисунке 17 видно, что кол-во непригодных особых точек резко сократилось, однако проблему с фокусом устранить не удалось. Поэтому снова имеем более высокую детализацию фона, нежели самого объекта.



рисунок 18 - визуализация разряженного облака точек

Посмотрим на результат построения плотного облака точек. рисунок 19.



рисунок 19 - визуализация плотного облака точек



рисунок 20 - фотография объекта моделирования

После анализа результатов работы алгоритма стало ясно, что алгоритм неплохо справляется с мелкими деталями углами и краями. Однако, однородные поверхности его слабое место. Чего и следовало ожидать от сопоставления особых точек SIFT, ведь углы и грани, как раз являются наилучшими особыми точками для SIFT ядра. Но что же делать с ровными поверхностями?

Вот тут, нам и понадобятся карты глубин, которые снимает Андрей, ведь для карт глубин все наоборот, хорошо определяются плоские поверхности. А положение камер при съемке восстанавливаются при реконструкции разряженного облака.

2.6.2 Этап 2

На втором этапе экспериментов было проведено объединение работы алгоритмов построения карт глубин и объемной модели. Для 8ми ключевых пар кадров модели. Замкнутые контуры внутри модели объекта в опорном кадре вырезаются и передаются алгоритму построения карты глубин.

Возвращаемая карта глубин соответствует масштабу модели и содержит информацию о глубине отсутствующей в модели плоскости, относительно опорных(особых) точек образующих замкнутый контур. Так как вектор фокуса кадра вычислен на этапе обратной фотограмметрической засечки. Массив точек, соответствующий построенной карте "выдавливается" вдоль вектора фокуса и "сшивается" с моделью в точках соответствия особых точек модели и карты глубины. (методом заливки контура)OpenGL.



рисунок 21 - результат "сшивания" модели с разных ракурсов

В результате "сшивания " модели картой глубин пустые места на модели заполнились, однако геометрия объекта ощутимо исказилась. Данное неприятное явление результат низкой плотности особых точек пригодных для накладывания карты глубин и модели. А причиной тому, является отличие дескрипторов особых точек модели и карты глубины, вследствие чего, многие общие точки отбраковывались компьютером

```
#####
#27: [36] sees 529 (+213) 3D points
Estimated Focal Length [2415][1.89N]
# 138 projs (0 pts and 1 merges)
SKIP: 0 cams, 510 points, 1082 projs
PBA: 5704 3D pts, 20 cams and 19076 projs...
PBA: 1.133 -> 0.937 (5 LMs in 0.44sec)
#points w/ large errors:      2

#####
#27/27: 2596 projs and 1176 pts added.
PBA: 7327 3D pts, 27 cams and 22511 projs...
PBA: 32.170 -> 6.368 (50 LMs in 13.47sec)
#points behind cam :          5
#points w/ large errors:      171
#unstable points removed:     169
PBA: 6972 3D pts, 27 cams and 21377 projs...
PBA: 5.117 -> 4.582 (50 LMs in 14.51sec)
#points w/ large errors:      41
#unstable points removed:      3
Focal Length : [2414.566]->[8808.360]
Radial Distortion : [-38.094 -> -129]

#####
```

рисунок 22 - лог функции "сшивания" модели

Различие в записи дескрипторов было устранено, добавлением в SIFT дескриптор дополнительных полей сходных с полями дескрипторов карты, которые в случае недостатка информации оставались пустыми и позволяли проводить сравнение, не вызывая исключений в ходе выполнения программы и не выбрасывая из расчета точки. (Рисунок 23)



рисунок 23- модель объекта после корректировки (сшивания)

Геометрия объекта стала более четкой, были отфильтрованы выбросы. Также модель, лишилась характерных "проплешин". Однако, данные меры никак не помогли алгоритму справиться с блестящей поверхностью носика устройства и нижнего торца, в результате чего появляются сильные "волнистые искажения".

Низкая устойчивость к бликам является основной слабостью оптических методов измерения, что приводит к ограничению их применения. Самым лучшим способом борьбы с бликами на мой взгляд, является нанесение матового покрытия или темной пленки.

Для того, чтобы модель можно было просматривать, сравнивать и редактировать требуется её приведение к определенному формату (в нашем случае .nvm). Требуется покрыть модель полигональной сеткой с текстурами, для возможности комфортного её использования. Такую возможность предоставляет библиотека VisualSFM. (рисунок 24, рисунок 25)

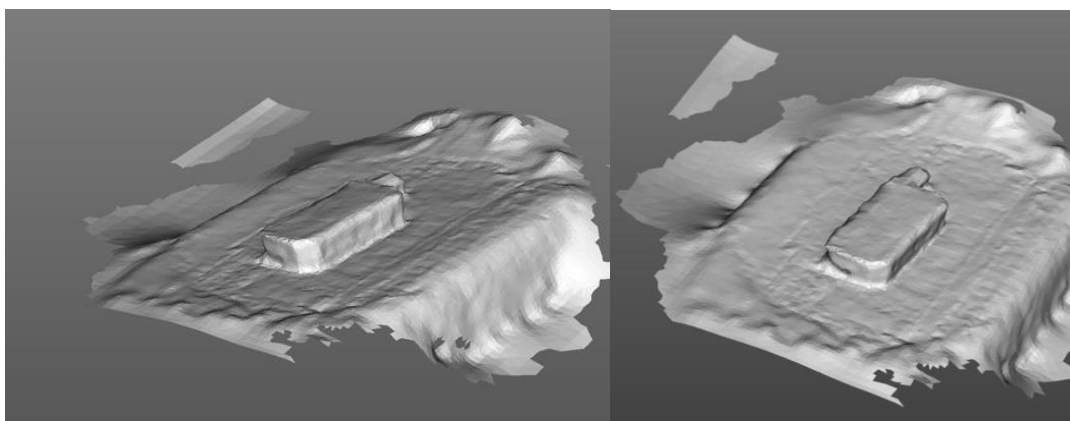


рисунок 24 - тестовая модель с наложенной полигональной сеткой

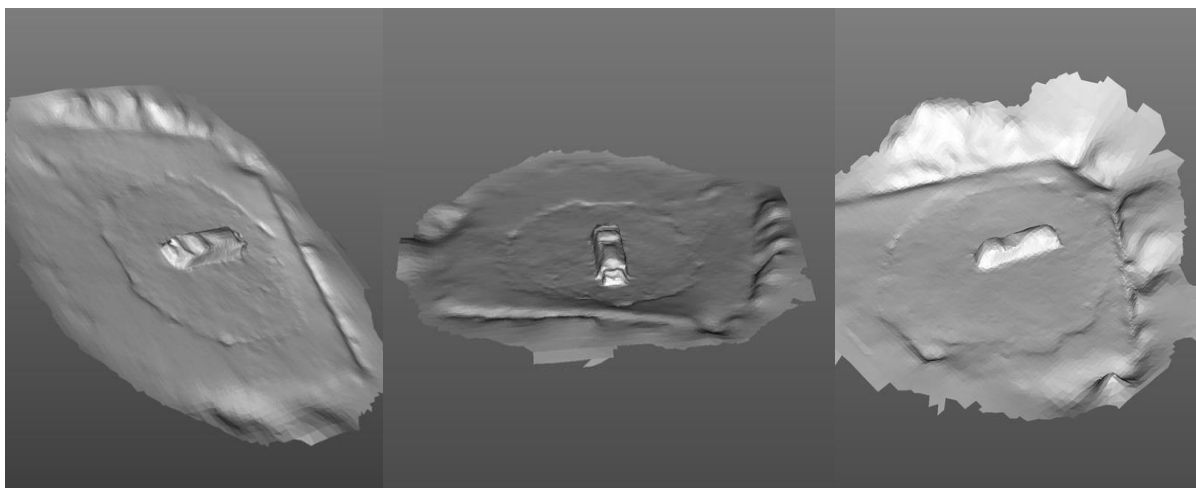


рисунок 25 - модель исследуемого объекта

2.7 Заключение по разделу Проектирование алгоритма построения модели

В ходе разработки алгоритма построения объемной модели удалось снизить требуемое перекрытие кадров на 15%, вследствие чего, минимально необходимое количество кадров сократилось в 1,5-2 раза. Следовательно, и процесс снятия фотографий объекта становится в 1,5-2 раза быстрее.

Однако, алгоритм проявил низкую устойчивость к бликам на поверхности объекта. Так как модель формируется последовательной обработкой пар кадров, и каждая следующая пара считается опорной по отношению к предыдущей, когда на объекте в кадре появляется блик, искажения, вносимые бликом, распространяются дальше по модели и могут привести к образованию волн на поверхности на изначально ровной поверхности.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель экономического раздела – провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В процессе работы были проведены исследования потребности рынка в алгоритме построения объемной модели объекта по фотографиям.

Для определения потенциальных потребителей требуется определить целевой рынок и произвести его сегментирование. В данном случае целевым рынком являются:

1. Заводы с конвейерным типом производства продукции;
2. 3D-дизайнеры.

Конечными потребителями являются программисты-автоматизаторы и дизайнеры.

3.1.2 SWOT-анализ

Первый этап SWOT анализа заключается в составлении матрицы SWOT. Составленная матрица SWOT приведена таблице 1.

Таблица 1. 1-й этап SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Надежность; С2. Алгоритм может быть подкорректирован в зависимости от условий производства; С3. Простота эксплуатации; С4. Мобильность.	Слабые стороны: Сл1: Отсутствие финансирования; Сл2: Требовательность к вычислительным ресурсам; Сл3: Отсутствие репутации на рынке.
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ; В2. Разнообразие доступных методик моделирования; В3. Повышение спроса на программный продукт.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса; У2. Высокие требования на внедрение; У3. Неудовлетворительное качество проекта.		

Интерактивные матрицы приведены в таблицах 2-5.

Таблица 2. Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	0
	B2	+	0	+	-
	B3	-	-	-	-

Таблица 3. Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	0	-
	B2	-	+	-
	B3	+	-	+

Таблица 4. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	+	+	-
	У3	-	+	-	-

Таблица 5. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз

Слабые стороны				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	+
	У2	0	+	-
	У3	0	+	-

На третьем этапе должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Итоговая матрица SWOT представлена в таблице 6

Таблица 6. Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Надежность; С2. Алгоритм может быть подкорректирован в зависимости от условий производства; С3. Простота эксплуатации; С4. Мобильность.	Слабые стороны: Сл1: Отсутствие финансирования; Сл2: Требовательность к вычислительным ресурсам; Сл3: Отсутствие репутации на рынке.
--	---	--

Таблица 6. Матрица SWOT

Возможности: В3. Повышение спроса на программный продукт.	Сильные стороны:	Слабые стороны: В3Сл1Сл3. Повышение спроса на программный продукт может способствовать финансированию проекта и приобретению репутации.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса; У2. Высокие требования на внедрение; У3. Неудовлетворительное качество проекта.	У3С2С3. Высокие требования к вычислительной мощности обусловлены спецификой проекта. У3С2. Качество работы алгоритма можно повысить настройкой его параметров.	У1Сл1Сл3. Необходимо пройти сертификацию программного продукта, найти предприятие-потребителя. У2У3Сл2. Необходимо применять контроллеры с высокой вычислительной мощностью.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 7.

Таблица 7. Перечень работ по проекту

Основные этапы	№ раб	Наименование работы	Исполнители работы
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Руководитель, Студент
Выбор направления исследования	2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Руководитель, Студент
	3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Студент
	4	Анализ предметной области	Студент
Разработка технической документации и проектирование	5	Написание программы для проведения триангуляции	Студент
	6	Разработка алгоритма построения нетекстурированной модели	Студент
	7	Совмещение алгоритмов построения модели и построения карт глубин	Студент

Таблица 7. Перечень работ по проекту

Основные этапы	№ раб	Наименование работы	Исполнители работы
	8	Разработка программы для наложения полигональной сетки на модель	Студент
	9	Оптимизация работы программы	Студент
Оформление отчета по работе	10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель, Студент
	11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Студент
	12	Подведение итогов, оформление работы	Студент

3.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

1. Ожидаемая трудоемкость,
2. Время выполнения каждой части работы,
3. Время осуществления i -ой части в календарных днях,

4. Коэффициент календарности.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется согласно формуле:

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

где t_{min} – минимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни,
 t_{max} – максимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни.

После вычисляется время выполнения каждой части работы днях T_{pi} , которая учитывает параллельное осуществление работы сразу несколькими работниками:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – время выполнения каждой работы, раб.дни,

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость процесса для каждой работы, чел.-дни,

$Ч_i$ – количество работников, выполняющих параллельно выполняющие данный этап работы, чел.

3.4 Разработка графика проведения научного исследования

В целях осуществления построения графика, осуществляется перевод длительности каждого этапа работ из рабочих дней в календарные, согласно формуле:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где $T_{ки}$ – время осуществления i -й работы в календарных днях,

T_{pi} – время осуществления i -й работы в рабочих днях,

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности считается следующим образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество дней в году,

$T_{\text{вых}}$ – число выходных дней в году,

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

По производственному календарю для 6-дневной рабочей недели в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно, $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 8. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена в таблице 9.

Таблица 8. Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	T_p	T_k
1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Студент	5	8	6,2	3,1	5
		Руководитель	3	6	4,2	2,1	4
2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Студент	3	5	3,8	3,8	6
3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Студент	7	12	9	9	11

Таблица 8. Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
4	Анализ предметной области	Студент	7	15	10,2	10	12
5	Написание программы для проведения триангуляции	Студент	15	25	19	19	23
6	Разработка алгоритма построения нетекстурированной модели	Студент	4	8	5,6	6	7
7	Совмещение алгоритмов построения модели и построения карт глубин	Студент	5	12	7,8	8	10
8	Разработка программы для наложения полигональной сетки на модель	Студент	8	15	10,8	11	13
9	Оптимизация работы программы	Студент	16	20	17,6	17,6	22
10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель	1	3	1,8	1	1
		Студент	1	3	1,8	1	1

Таблица 8. Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Студент	5	7	5,8	6	7
12	Подведение итогов, оформление работы Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Студент	3	4	3,4	3	4

3.5 Расчет затрат

Материальные затраты — это затраты на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Все материальные затраты на создание устройства по построению карты глубины приведены в таблице 10.

Таблица 10. Материальные затраты

№	Название	Стоимость, руб
1	Веб-камера SVEN IC-310	2*700=1400
2	Одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 B+	4700
Итого		6100

3.6 Расчет затрат на специальное оборудование

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная цена персонального компьютера составляет 40000 рублей; длительность полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 6 месяцев. Тогда:

1. норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,33 \%, \quad (6)$$

2. годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 40000 \cdot 0,33 = 13200 \text{ руб.}, \quad (7)$$

3. ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.}, \quad (8)$$

4. итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1100 \cdot 6 = 6600 \text{ руб.} \quad (9)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 6600 руб.

3.7 Основная заработная плата исполнителей темы

В таблице 11 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени, и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 11. Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1441,76 \text{ руб.}, \quad (10)$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{студ}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{1906 \cdot 10,4}{243} = 81,57 \text{ руб.} \quad (11)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}, \quad (12)$$

где $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.,

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент,

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок,

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент (1,3 в Томске).

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 12. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{д}}$	$K_{\text{р}}$	$T_{\text{р}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.
Студент	81,57	0,3	0,2	1,3	90	14315,53
Научный руководитель	1441,76	0,3	0,2	1,3	4	11245,72
Итого						25561,25

3.8 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительная заработная плата,

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата.

Таблица 13. Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.
Студент	0,12	14315,53	1717,86
Научный руководитель	0,12	11245,72	1349,48
Итого			3067,34

3.9 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Внебюджетные отчисления рассчитываются как:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент внебюджетные фонды; в 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%,

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата,

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 14. Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{внеб}$	$З_{доп}$	$З_{осн}$	$З_{внеб}$
Студент	0,30	1717,86	14315,53	4810,02
Научный руководитель	0,30	1349,48	11245,72	3778,56
Итого				8588,58

3.10 Накладные расходы

В накладные расходы включают затраты организации, не указанные в предыдущих статьях расходов: печать материалов, оплата услуг связи, оплата электроэнергии и т.д. Их величина рассчитывается по формуле:

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (15)$$

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 15. Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	6100
Затраты на амортизацию	6600
Затраты на основную заработную плату	25561,25
Затраты на дополнительную заработную плату	3067,34
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	8588,58
Накладные расходы	7986,75

3.11 Формирование бюджета затрат проекта разработки

Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 16.

Таблица 16. Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.
Материальные затраты	6100
Затраты на амортизацию	6600
Затраты на основную заработную плату студенту	14315,53

Таблица 16. Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.
Затраты на дополнительную заработную плату студенту	1717,86
Затраты на основную заработную плату научному руководителю	11245,72
Затраты на дополнительную заработную плату студенту научному руководителю	1349,48
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	8588,58

3.12 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки

Оценка эффективности делается на основании интегрального показателя эффективности научного исследования по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость каждого варианта выполнения;

Φ_{max} – максимум стоимости исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Аналоги для построения карты глубины являются уже полностью готовыми устройствами. Стоимость разработки устройства Kinect, равняется 70000 руб, StereoLabs ZED 65000 руб, у студента с руководителем 57000 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Kinect}} = \frac{70000}{70000} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ZED}} = \frac{61000}{70000} = 0,93$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{пр.студент}} = \frac{57000}{70000} = 0,81$$

В таблице 17 приведена сравнительная характеристика.

Таблица 17. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Вес. коэф.	Kinect	ZED	Разработк а студента
1. Низкая требовательность к вычислительным ресурсам	0,25	4	4	3
2. Настройка под условия окружающей среды	0,25	3	4	5
3. Мобильность	0,15	5	5	5
4. Простота эксплуатации	0,1	4	4	5
5. Надежность	0,15	5	5	4
6. Интегрируемость	0,1	3	3	5
Итого	1	24	25	27

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности: $I_{\text{студент}} = 4,35$; $I_{\text{Kinect}} = 3,95$; $I_{\text{ZED}} = 4,2$.

Рассчитаем интегральные показатели эффективности:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4,35}{0,81} = 5,37$$

$$I_{\text{Kinect}} = \frac{3,95}{1} = 3,95$$

$$I_{\text{ZED}} = \frac{4,2}{0,93} = 4,52$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{5,37}{5,37} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{cp2}} = \frac{3,95}{5,37} = 0,74$$

$$\mathcal{E}_{\text{cp3}} = \frac{4,52}{5,37} = 0,84$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 18.

Таблица 18. Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Студен т	Kines t	ZED
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	1	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	3,95	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,37	3,95	4,52
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,74	0,84

3.13 Заключение по разделу Финансовая часть

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта.
2. была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы
3. затраты на разработку системы составили 56931,92руб.
4. проведена оценка ресурсоэффективности проекта.

4 Социальная ответственность

4.1 Введение раздела Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование алгоритма построения трехмерных моделей объектов по их множественным фотографиям.

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность.. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые необходимы к выполнению в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Спроектированный алгоритм применяется в 3D реконструкции модели объекта на производстве. Эти 3D модели позволяют контролировать дефекты геометрических параметров объекта.

Были выделены и рассмотрены такие факторы, воздействующие на разработчика алгоритма, как: освещение, микроклимат, электромагнитное излучение, шум, нервно-психические перегрузки. К опасным факторам при работе с персональным компьютером можно отнести возможность поражения разработчика электрическим током. Рассматриваются вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

Программные продукты не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием персональных компьютеров, что оказывает негативное влияние на литосферу при утилизации ПК.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На рисунке 26 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

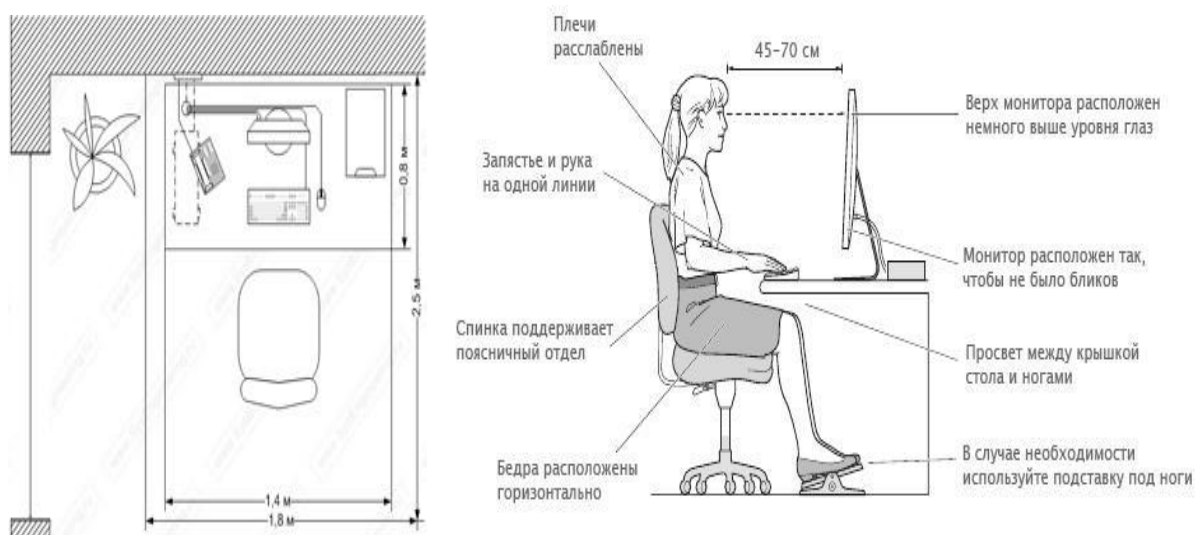


рисунок 26 - схема рабочего места (вид сверху и сбоку)

Согласно 212 статье ТК РФ [4] работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда. В данный ряд входит обеспечение соответствия условий рабочих мест и режима работы требованиям норм охраны труда, проведение медицинских осмотров, организация проведения медицинских осмотров, установление режима труда и отдыха в соответствии с законодательством и т.д.

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [5] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке алгоритма построения карт глубины по стереоизображению представлены в таблице 19.

Таблица 19. Вредные и опасные факторы

Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015		Нормативные документы
Вредные	Повышенный уровень шума	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3]
	Отклонения параметров микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 [4]
	Нервно-психические перегрузки	ТОИ Р-45-084-01 [5]
Опасные	Электрический ток, в том числе статическое электричество	«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. [6] «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. [7]

4.3 Производственная безопасность

Допустимые уровни шума в рабочей зоне использования ПЭВМ в документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3] (таблица 20).

Таблица 20. Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления (дБ), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)									Уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

4.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

В данном случае к негативным факторам относятся повышенные уровни излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы.

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3] (таблица 21).

Таблица 21. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПЭВМ	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15

Таблица 21. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5%

4.5 Отклонения параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной требуется соблюдение строгих условий микроклимата для категории работ 1а и 1б.

Кроме того, в рабочих помещениях требуется поддерживать допустимые концентрации вредных и отравляющих веществ в строгом соответствии с гигиеническими стандартами .

Также в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с ВДТ и ПЭВМ для категории работы 1б приведены в таблице 22.

Таблица 22. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96 [4]).

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140-174 Вт)	21-23	20-24	60-40	0.1
Теплый		22-24	21-25	60-40	0.1

4.6 Нервно-психические перегрузки

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются рамки длительности перерывов. В таблице 4 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 23. Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных
Категория работы с ПЭВМ	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, часов	перерывов при 8-часовой смене, мин.
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90

В данном случае уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере согласно ТОИ Р-45-084-01 [6] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

4.7 Статическое электричество

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3] установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

4.8 Электрический ток

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции.

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Возникновение пожара может привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81 [8].

Во избежание смерти и других негативных эффектов необходимо соблюдать правил пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

4.9 Экологическая безопасность

Для разработки системы построения карт глубины необходим компьютер, следовательно, в нашем случае воздействие на литосферу происходит при утилизации персонального компьютера. ПК может нагреваться, а также быть источником электромагнитного и ионизирующего излучения, а также шума. Для защиты здоровья сотрудников, работающих с программным обеспечением, рекомендуется соблюдать необходимую дистанцию при работе с компьютером (от 0.5 до 1 м), а также использовать эффективные охлаждающие системы и наиболее современное и эффективное оборудование.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» [9] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г. [10], могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» [11]

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Необходимо отметить, что в целом при работе с компьютером существенного загрязнения окружающей среды не происходит и вредные выбросы не сравнимы с производственными.

Также существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в

наличии ртути в их составе. Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

4.10 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при проектировании алгоритма является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

1. в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
2. электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
3. все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, иметь средства связи и знать номера экстренных служб.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

4. в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-ABCE);
5. привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
6. сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
7. принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
8. встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация и средства связи.

4.11 Заключение по разделу Социальная ответственность

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при проектировании алгоритма построения карты глубины. Был проведен анализ нормативной документации.

В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения, а также жесткий диск, однако уровень создаваемого ими шума невысок.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений электроники статическим электричеством не обеспечивается, однако так как корпус ПК закрыт, вероятность поражения элементов или работника минимальна (если не прикасаться мокрыми руками к корпусу).

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

Заключение

В ходе разработки алгоритма построения объемной модели удалось снизить требуемое перекрытие кадров на 15%, вследствие чего, минимально необходимое количество кадров сократилось в 1,5-2 раза. Следовательно, и процесс съятия фотографий объекта становится в 1,5-2 раза быстрее. Однако, алгоритм проявил низкую устойчивость к бликам на поверхности объекта. Так как модель формируется последовательной обработкой пар кадров, и каждая следующая пара считается опорной по отношению к предыдущей, когда на объекте в кадре появляется блик, искажения, вносимые бликом, распространяются дальше по модели и могут привести к образованию волн на поверхности на изначально ровной поверхности.

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек при проектировании алгоритма построения карты глубины. Был проведен анализ нормативной документации.

В ходе выполнения работы над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», были проведены :

1. SWOT-анализ дал возможность провести оценки факторов и явлений, влияющих на проект. Были исследованы внешняя и внутренняя среды проекта.
2. была разработана таблица временных показателей, рассчитана заработная плата разработчиков системы
3. затраты на разработку системы составили 56931,92руб.
4. Проведена оценка ресурсоэффективности проекта.

Список использованных источников

1. A Review on Depth Estimation for Computer Vision Applications, Dineesh Mohan, Dr. A. Ranjith Ram, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 4, Issue 11, May 2015
2. MathWorks. Stereo Vision. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/discovery/stereo-vision.html> (Дата обращения: 25.05.2019).
3. OpenCV. Depth Map from Stereo Images. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/3.4.6/dd/d53/tutorial_py_depthmap.html (Дата обращения: 25.05.2019).
4. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.
5. Hartley R., Zisserman A. Multiple view geometry in computer vision. Second edition. Cambridge University Press, 2003 672 p.
6. Microsoft. Kinect. [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect> (Дата обращения: 25.05.2019).
7. Vision. Stereo. [Электронный ресурс]. URL: <http://vision.middlebury.edu/stereo/> (Дата обращения: 25.05.2019).
8. OpenCV. About. [Электронный ресурс]. URL: <https://opencv.org/about/> (Дата обращения: 25.05.2019).

Приложение А

(обязательное)

Схема последовательности построения объемной модели продукта на основе фотографий

