TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Контроль дефектов внешней поверхности изделия. Построение карты глубин.

УДК 004.4:629.05:623.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Телепнев Андрей Евгеньевич		

Руководитель ВКР

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

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	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.
Р2	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.
Р3	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.
Р4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
Р5	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.
Р6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
Р7	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	
Р8	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
Р9	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
Р10	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
Р11	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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
Уровень образования - Бакалавриат
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)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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 ИШИТР
_____ _____ 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**
8Е51	Телепневу Андрею Евгеньевичу

Тема работы:

Контроль дефектов внешней поверхности изделия. Построение карты глубин.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	Предметом проектирования является алгоритм построения карт глубины по стереоизображению с видеопотока стереопары. Программное обеспечение должно выполнять построение карт глубин на определенном расстоянии от объекта до камеры, при определенных условиях на производстве.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	1. Провести сравнительный анализ существующих методов построения карт глубин; 2. Выбрать стереопару под соответствующий технологический процесс; 3. Создать корректирующие матрицы для камер; 4. Сопоставить правое и левое изображение стереопары; 5. Спроектировать структуру программы; 6. Подобрать параметры для построения карты глубин; 7. Протестировать программу.
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	1. Блок-схема алгоритма программы

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН ШБИП, к.ф.н.
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
8Е51	Телепнев Андрей Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Телепневу Андрею Евгеньевичу

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).* *Две веб-камеры – 1400 руб.*
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:* *- определение структуры работ,* *- определение трудоемкости работ,* *- создание диаграммы Гантта.* *Формирование бюджета затрат на разработку:* *- материальные затраты,* *- заработная плата (основная и дополнительная),* *- социальные отчисления,* *- 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 Гантта,* 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 Вера Николаевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Телепнев Андрей Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Телепневу Андрею Евгеньевичу

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 карты глубины по стереоизображениям с откалиброванной и ректифицированной стереокамеры. Разработанная программная компонента применяется для 3D реконструкции объекта, навигации и составления карт местности.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс РФ; – ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы»; – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; – СанПиН 2.2.4.548-96; – ТОИ Р-45-084-01; – «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.; – «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.; – ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения; – Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»; – Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.; – ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные производственные факторы: шум, освещенность, микроклимат, нервно-психические перегрузки. Опасные производственные факторы: электрический ток, статическое электричество.
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на атмосферу, гидросферу отсутствует.

	Воздействие на литосферу: утилизация ПК, утилизация ламп освещения.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возникновение пожара на рабочем месте.

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
8Е51	Телепнев Андрей Евгеньевич		

Реферат

Работа содержит 66 страниц, 11 рисунков и 24 таблицы, а также пять приложений: схема последовательности контроля за геометрическими параметрами продукта на основе стереопары, алгоритм калибровки камеры, результаты алгоритма калибровки, схема последовательности действий для получения карты глубин, алгоритм построения карты глубин.

Ключевые слова: стереоизображение, карта глубины, калибровка камеры, компьютерное зрение, OpenCV, видеопоток.

Цель работы: разработать программную компоненту для построения карт глубины по стереоизображению.

В данной работе была спроектирована программная компонента на основе компьютерного зрения и библиотеки OpenCV, которая позволяет строить карты глубин по стереоизображениям.

Был выполнен обзор существующих решений и теоретический обзор для решения задачи проектирования программы. Была описана последовательность построения карта глубины.

Содержание

Введение 13
1 Обзор литературы 16
2 Проектирование программной компоненты 19
2.1 ТЗ на разработку «Программного обеспечения для построения 3D модели в целях контроля за видимыми дефектами продукции» 19
2.2 Методы исследования. Модель проективной камеры 20
2.3 Методы исследования. Пара камер 21
2.4 Методы исследования. Построение карты глубины 23
2.5 Объект исследования. Экспериментальная установка 25
2.6 Инструменты разработки программной компоненты 26
2.7 Разработка программной компоненты. Калибровка камеры 26
2.8 Разработка программной компоненты. Построение карты глубины 29
Заключение по разделу «Проектирование программной компоненты» 31
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 33
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 33
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования 33
3.1.2 SWOT-анализ 33
3.2 Планирование научно-исследовательских работ 36
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования 36
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ 38
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования 38
3.2.4 Бюджет научно-технической разработки 42
3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки 45
Заключение по разделу «Финансовый менеджмент» 47
4 Социальная ответственность 48
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 49

4.2 Производственная безопасность 51
4.2.1 Повышенный уровень шума 51
4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны 51
4.2.3 Отклонения параметров микроклимата 52
4.2.4 Нервно-психические перегрузки 53
4.2.5 Статическое электричество 54
4.2.6 Электрический ток 55
4.3 Экологическая безопасность 56
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 57
Заключение по разделу «Социальная ответственность» 58
Список использованных источников 60
Приложение А. Схема последовательности контроля за геометрическими параметрами продукта на основе стереопары 62
Приложение Б. Алгоритм калибровки камеры 63
Приложение В. Результат алгоритма калибровки 64
Приложение Г. Схема последовательности действий для получения карты глубины 65
Приложение Д. Алгоритм построения карты глубины 66

Определения, обозначения, сокращения

В данном разделе поясняются основные термины и определения, а также сокращения применяемые в процессе написания работы.

Стереоскопическое зрение: Вид зрения, при котором возможно восприятие формы, размеров и расстояния до предмета, например, благодаря бинокулярному зрению.

Карта глубины: Изображение, содержащее информацию о дистанции до объектов на изображении.

Эпиполярные линии: Линии, накладывающие ограничение на стереопару о том, что одни и те же точки на двух разных плоскостях находятся на одной и той же горизонтальной линии.

Калибровка камеры: Процесс настройки камеры по отснятым ею кадрами, заключающийся в нахождении внутренних и внешних параметрах камеры. К внутренним параметрам относятся точка пересечения плоскости изображения с оптической осью в координатах изображения и фокусные расстояния. Внешние параметры камеры — это угловая ориентация камеры в пространстве и сдвиги системы координат камеры относительно мировой системы координат.

Дисторсия: Форма оптической аберрации, искажение на изображении. Объектив, который вносит это искажение, создает слегка изогнутые изображения всех тех линий, которые не проходят через центр изображения.

3D - трехмерное пространство.

ТЗ - техническое задание.

Введение

В последние десятилетия активно развивается массовая роботизация и автоматизация производств. В частности, применение интеллектуальных систем на производстве – систем компьютерного зрения открывает возможности контроля за технологическими процессами и качеством 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.

Очень часто цифровые 3D модели создаются вручную – применяя специальные редакторы [1], инженеры или дизайнеры составляют 3D модель реального объекта. Составление таких моделей требует много времени и усилий, а также знаний для применения конкретного редактора. Иногда, время играет ключевую роль на производстве и модель нужно получить в реальном времени. В таких случаях для автоматизации построения 3D моделей часто применяются методы трехмерной реконструкции – воссоздания трехмерных поверхностей наблюдаемых объектов. Автоматическое реконструирование 3D моделей экономит время, повышает их точность, в сравнении с ручным моделированием. Внедрение таких систем в производственном предприятии позволяет применять модели в обнаружении дефекта 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 [2]. 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 [3]. Данное решение характеризуется надежностью обнаружения стремящейся к 100 % и своевременным высокой скоростью обнаружения дефекта. Однако, данная система предоставляет небольшое количество информации о бракованной детали, и в случае обнаружения дефекта требуются дополнительные меры по сбору информации, для устранения бракующего процесса. Задача разработки заключается в том, чтобы обеспечить высокую надежность обнаружения брака и достаточное количество 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 за геометрическими дефектами продукции, построение 3D модели и сопоставление параметров продукции с 3D моделью. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Снятие геометрических параметров объекта;
2. Составление 3D модели и сопоставление с реальным объектом.

В данной дипломной работе решается задача снятия геометрических параметров объекта.

Предлагаемый метод решения поставленных задач на основе стереозрения. Метод включает в себя:

1. Калибровку 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. Фильтрация не валидных для моделей фотографий. Отснятые фотографии могут быть испорчены, например засвеченными. Этот этап включает отсеивание плохих фотографий;
4. Построение карты глубины для ракурсов. Карта глубины позволяет извлечь геометрические характеристики объекта;
5. Построение не текстурированной модели. Построение 3D моделей реального объекта по снимкам.
6. Текстурирование модели. Этот этап позволяет учитывать реальные свойства объекта, к примеру такие как материал, из которого изготовлен объект.
7. Коррекция модели картами глубин. Геометрические размеры 3D модели объекта корректируются картами глубин.
8. Сравнение полученной модели с целевой моделью. Этот этап позволяет оценить схожесть снятой с реального объекта модели с загруженной моделью.
9. Анализ соответствия образца.
10. Вывод результатов анализа.

В данной работе будут рассмотрены этапы калибровки стереопары, фильтрации изображений для 3D моделей и построения карт глубин. Метод решения, представленный в графическом виде приведен в приложении А.

1 Обзор литературы

Построение карты глубины требует наличия не менее двух не одинаковых изображений одного и того же объекта. Проблема при построении карты глубины заключается в том, что на этих изображениях требуется определить пары пикселей, принадлежащих одной и той же точке пространства.

Проблема поиска соответствия пар пикселей на изображениях привела к появлению методик. Эти методы можно разделить на [1]:

- Локальные методы;
- Глобальные методы

Глобальные методы сводятся к минимизации энергетической функции между пикселями. Тогда все различия на изображениях определяются одновременно. Данный класс методик является вычислительно затратным.

Локальные методы вычислительно проще и применяются для построения карты глубины в реальном времени.

В основном, существуют следующие методы построения карт глубины [4]:

Таблица 1 - Методы построения карты глубины.

Метод	Описание
Вергенция	Оптические оси должны пересекаться на объекте, тогда можно совместить пиксели, относящиеся к одной точки поверхности
Диспаратность	Глубина рассчитывается по несоответствию левого и правого изображения. Считается, что у близких объектов несоответствий больше между левым и правым изображением. Данный метод применим при условии ректификации изображений.
Стереосовмещение	Метод заключается в поиске уникальных элементов на изображении, таких как: ребра, области пикселей. Данный метод широко применяется в устройствах по распознаванию отпечатков пальцев.

Продолжение таблицы 1 – Методы построения карты глубины

Метод	Описание
Использование информации о размере объектов или их расположении	Зная размер объектов или расстоянии между ними на изображении, можно определить расстояние до них.
Сочетание методов	Комбинация различных методов для более точного построения карты глубин.
Метод для расфокусированного наблюдения	Метод вычисляет карту глубины для расфокусированного наблюдения сцены. Требует калибровки камер и фильтрации изображений. После вычисляет карту глубины методом диспарантности.
Использование алгоритма суммы абсолютных разностей	Метод включает в себя расчет несоответствия, как в методе диспарантности, но улучшает результат построения карты глубины за счет применения алгоритма суммы абсолютных разностей.

На практике чаще всего используются метод диспаратности, который заключается в построения изображения, отражающего различия между левым и правым изображением. Методы вергенции и стереосовмещения также популярны для построения карт глубины. Другие методы используются реже в связи с спецификой их применения. Для построения карты глубины были созданы различные программные средства и библиотеки. Наиболее популярные среди них: пакет прикладных программ Matlab, а также библиотека для проектирования программного обеспечения OpenCV.

На рисунке 1 можно увидеть пример диспаратного изображения, построенного в Matlab [5].

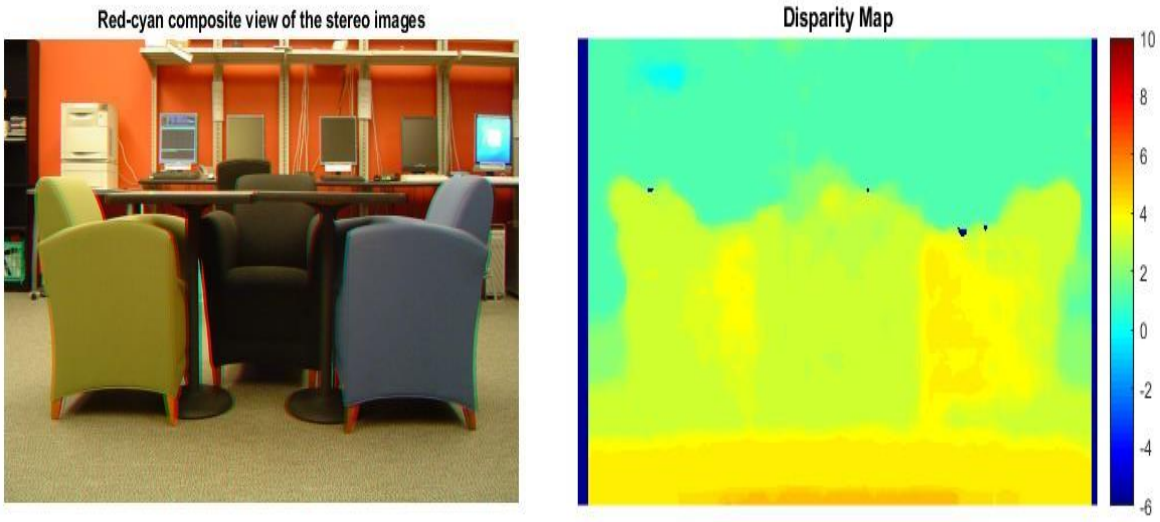


Рисунок 1 - Диспаратное изображение, полученное в Matlab

На рисунке 2 можно увидеть пример диспаратного изображения, построенного с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV [6].

Рисунок 2 - Диспаратное изображение, построенное с помощью библиотеки OpenCV

2 Проектирование программной компоненты

2.1 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

Основные положения

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

Функции разрабатываемого ПО:

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

Параметры ПО:

1. Максимальная ошибка по ширине и высоте не более 2 %;
2. Максимальная ошибка по глубине не более 3 %;
3. Максимальное отклонение угловых координат не более 3 %.

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 выше 4 класса. Классификация приведена на рисунке 3 [7];
4. Расстояние до объекта моделирования не более 30 см.

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 3 – Классификация допустимой концентрации частиц в воздухе

2.2 Методы исследования. Модель проективной камеры

Камеры, чьи матрицы основаны на полупроводниковой технологии приборов с зарядовой связью (ПЗС) [8], можно описать моделью проективной камеры. Это связанно с тем, что ПЗС-камеры обладают низким шумовым уровнем. Модель проективной камеры строится на основе данных [9]: о центре камеры; о главной оси камеры – это луч от точки центра камеры в сторону направления камеры; о плоскости изображения и её системе координат. На рисунке 4 мы проецируем точку трехмерного пространства X в точку x на плоскости изображения по прямой от центра камеры C до точки пространства X, а луч Cp является главной осью камеры.

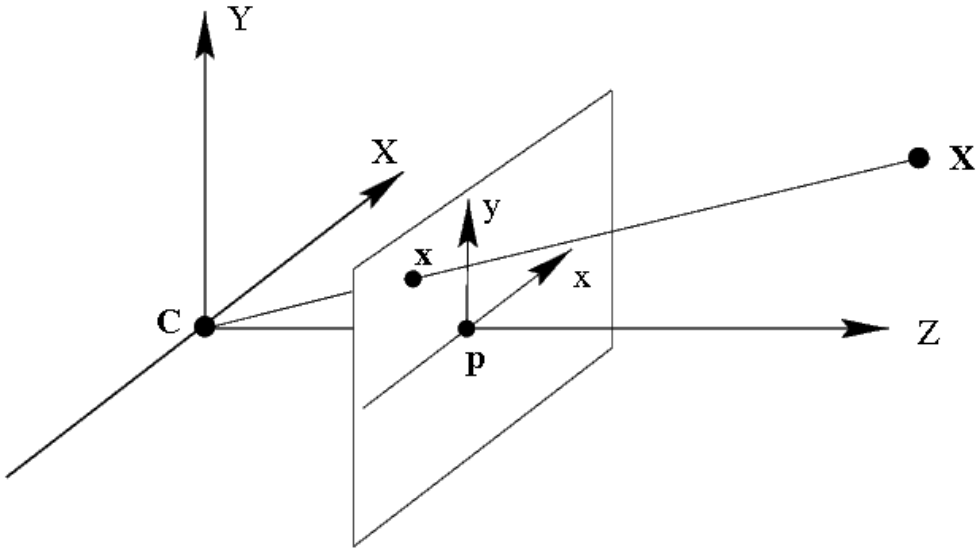


Рисунок 4 - Модель камеры

Проецирование описывается формулой:

$$x = P \cdot X \quad , \tag{1}$$

где X – координаты точки в пространстве (X_0, Y_0, Z_0);

x — координаты точки на плоскости кадра камеры $(X, Y, 1)$;

P— матрица 3 × 4 камеры [9]:

$$P = K \cdot R[I|-c] = K \cdot [R|t], \tag{2}$$

где R - матрица 3 × 3 поворота камеры в глобальной системе координат;

I — 3 × 3 единичная матрица;

c —центр камеры;

t – матрица сдвига;

K — матрица 3 × 3, содержащая f_x и f_y (фокусные расстояние камеры) и (c_x, c_y) - оптические центры, выраженные в координатах пикселей [9]:

$$K = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

Оптика камер вносит в изображения искажения, называемые дисторсиями. Математическая запись дисторсий [9]:

$$x_{distorted} = x \cdot (1 + k_1 \cdot r^2 + k_2 \cdot r^4 + k_3 \cdot r^6) + 2 \cdot p_1 \cdot x \cdot y + p_2 \cdot (p^2 + 2 \cdot x^2) \tag{4}$$

$$y_{distorted} = y \cdot (1 + k_1 \cdot r^2 + k_2 \cdot r^4 + k_3 \cdot r^6) + p_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot y^2) + 2 \cdot p_2 \cdot x \cdot y \tag{5}$$

где k_1, k_2, k_3, p_1, p_2 — параметры оптики камеры;

(x, y) — координаты точки без искажений;

$r^2 = x^2 + y^2$;

$(x_{distorted}, y_{distorted})$ — координаты точки с искажениями.

Задача калибровки камеры заключается в нахождении внутренних параметров камеры и параметров дисторсии.

2.3 Методы исследования. Пара камер

Координаты в трехмерной плоскости наблюдаемых точек можно получить при помощи снимков с одной камеры в двух и более позициях или системой из двух и более камер. В случае применения одной камеры, требуется

точное позиционирование камеры в пространстве при её перемещении с одной позиции на другую. При применении системы из двух камер необходимость перемещать камеры отсутствует.

Оптическая система из двух откалиброванных камер, то есть камер, заданных известными матрицами P для одной и P' для второй соответственно, способна определить трехмерные координаты точек сцены при условии, что центры камер не совпадают. Начало координат такой оптической системы обычно выбирают совпадающим с центром левой камеры, а ось Z направляют по её оптической оси [9].

В открытом доступе есть несколько алгоритмов для калибровки камер. Например, Matlab Calibration toolbox [5] или библиотека OpenCV [6], содержащая функции, необходимые для калибровки как камер, так и стереопары.

Эпиполярная геометрия

Рассмотрим систему из двух камер представленную на рисунке 5. C и C' – центры левой и правой камеры; точка X проецируется в точки x и x' левой и правой камеры; прямая xX имеет проекцию в виде прямой l' на изображении правой камеры [9]. Прямая l' называется эпиполярной линией. Такая же эпиполярная линия есть и на изображении с левой камеры. Эпиполярная геометрия служит для поиска и проверки стереопары.

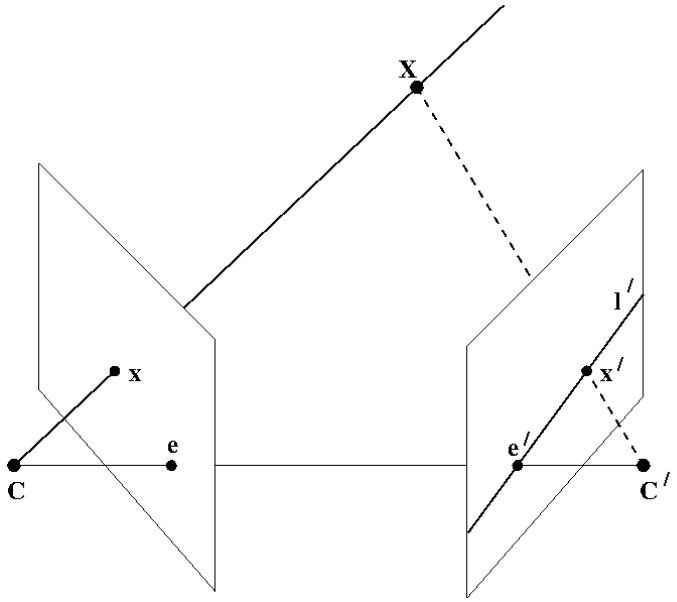


Рисунок 5 - Эпиполярная геометрия

Проверка на стереопару осуществляется следующим образом [9]: пусть есть две откалиброванные камеры, закрепленные на жестком основании, точка X проецируется в точки x и x' левой и правой камеры. Оптическая система из двух камер является стереопарой, если существует 3 × 3 фундаментальная матрица F, зависящая от матриц P и P' левой и правой камеры, что:

$$x'^{T} \cdot F \cdot x = 0 \quad (6)$$

Фундаментальная матрица нужна для решения уравнений эпиполярных линий. Уравнение $l' = F \cdot x$ является задающим вектором для точки x, а $l'^{T} \cdot x' = 0$ является уравнением эпиполярной линии. Для точки x': $l = F^{T} \cdot x'$ задающий вектор.

Триангуляция точек

Процесс вычисления трехмерных координат точек по координатам проекций этих точек называется триангуляцией [9].

Если есть две откалиброванные камеры, то есть камеры с известными матрицами P_1 и P_2, x_1 и x_2 — координаты проекции на левом и правом изображении точки сцены X соответственно, тогда составляется система уравнений:

$$\begin{cases} x_1 = P_1 \cdot X \\ x_2 = P_2 \cdot X \end{cases} \quad (7)$$

Чтобы решить эту систему первое и второе уравнение векторно умножают на x_1 и x_2 соответственно и, таким образом, приводят систему к виду $A \cdot X = 0$, где A матрица 4 × 4. Далее это уравнение решается приведением Z составляющей вектора X к единице и поиском решения трех уравнений с тремя неизвестными.

2.4 Методы исследования. Построение карты глубины

Карта глубины (depth map) – это изображение, на месте пикселя которого хранится расстояния точек сцены до камеры. Существуют специальные камеры глубины, например Kinect [10]. Эта камера поставляется вместе с программным обеспечением для построения карты глубины.

Карта глубины при помощи стереопары строится следующим образом [9]: стереопара снимает левое и правое изображение; выполняются процедуры исправления изображений; производится поиск парных точек на левом и правом изображении; производится триангуляция точек; выполняется построение карты глубины.

Поиск парных точек производится по эпиполярным линиям, предварительно выравнивая изображения, чтобы эпиполярные линии были горизонтально параллельны плоскости изображения. Эпиполярные линии одного изображения должны иметь парную эпиполярную линию на другом изображении, чтобы точка на одном изображении имела такую же координату по вертикали на другом изображении. Этот процесс выравнивания называется ректификацией [9]. На рисунке 6 приведен пример построения карты глубины по паре ректифицированных и избавленных от искажений изображений [11].

Рисунок 6 - Пример построения карты глубины

После процедуры ректификации изображений, производится поиск парных точек. Один из способов их поиска приведен на рисунке 7. Способ заключается в следующем: для левого изображения, для пикселя с координатами (x_0, y_0), производится поиск парного пикселя на правом изображении. При этом, пиксель на правой картинке смещён по горизонтали на величину, называемую

несоответствие d, и имеет координаты $(x_0 — d, y_0)$. Парный пиксель ищется вычислением максимального значения функции отклика. Примером функции отклика является корреляция окрестностей пикселей [9]. По паре точек производится триангуляция, определяя прообраз точек в трехмерном пространстве. Этот прообраз помогает вычислить глубину, как дистанция до плоскости камер.

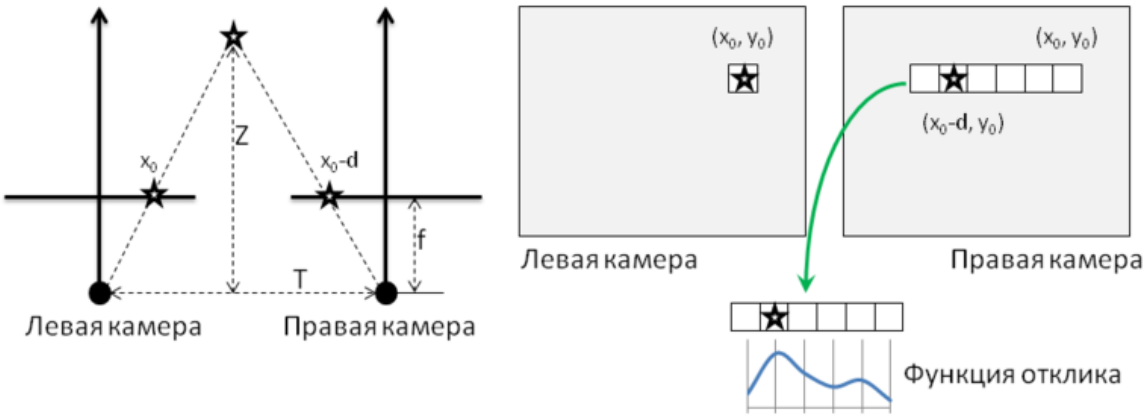


Рисунок 7 - Вычисление карты глубины.

2.5 Объект исследования. Экспериментальная установка

В качестве прототипа установки для написания алгоритмов калибровки и построения карты глубины были взяты две простые USB веб-камеры Sven IC-310, разрешением 640x480 Пикс и частотой кадров 30 кадров/сек. Камеры были закреплены неподвижно на жесткой платформе, параллельно друг к другу и расстояние между оптическими осями камер 6 см. Вид установки представлен на рисунке 8.

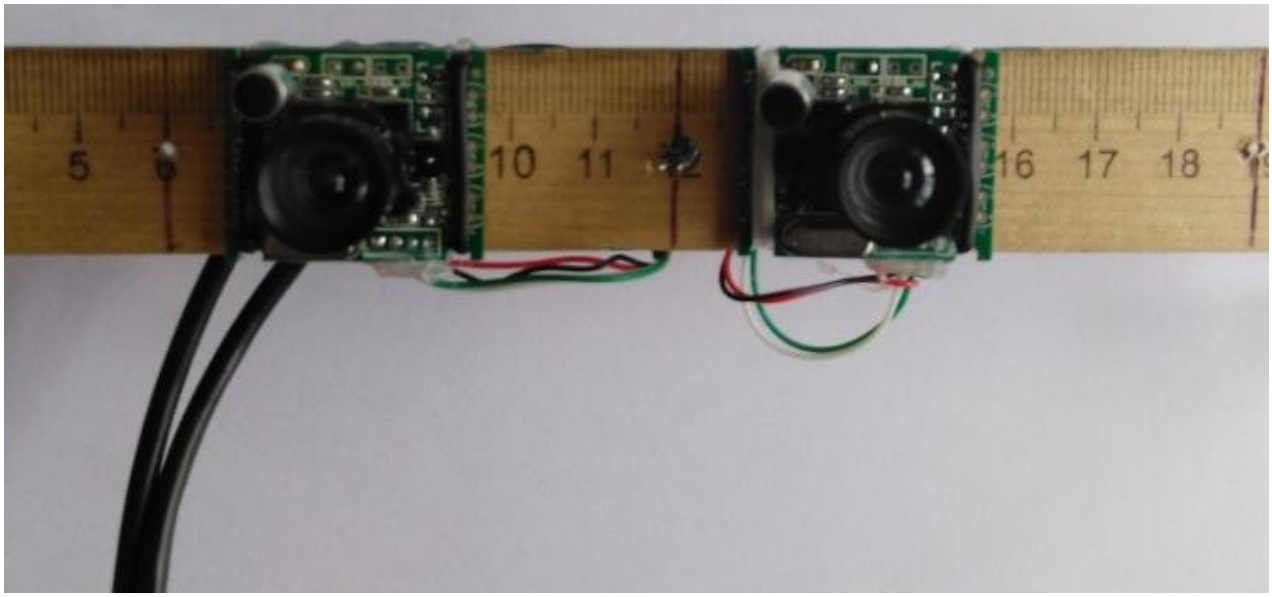


Рисунок 8 – Стереопара

2.6 Инструменты разработки программной компоненты

Самые популярные языки программирования для выполнения операций по калибровке камер, фильтрации изображений и построение карты глубины — это языки Python и C++. Это объясняется наличием для этих языков программирования версий библиотеки алгоритмов компьютерного зрения и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом OpenCV. Библиотека предназначена для выполнения операций над изображениями и видеопоследовательностями. Первоначальная версия библиотеки OpenCV [12] была реализована на языке C/C++, на языках Python, Java, Ruby, Matlab, Lua и других всё ещё ведется разработка данной библиотеки. Этим и объясняется выбор языка программирования между C и C++. C++ имеет преимущество над C ввиду того, что язык предназначен для проектирования более сложных блоков программной компоненты, упрощая тривиальные операции, в то время как язык C требует выполнения каждой тривиальной операции и, соответственно, требует от разработчика большего количество команд.

2.7 Разработка программной компоненты. Калибровка камеры

Для калибровки камеры нужно понимать, что мы пытаемся компенсировать на получаемом изображении. Для расчета искажения OpenCV

учитывает радиальные и тангенциальные факторы [13]. Радиальный фактор проявляется в виде эффекта «бочки» и положение реальной точки на искаженном изображении будут определяться формулами:

$$x_{distorted} = x \cdot (1 + k_1 \cdot r^2 + k_2 \cdot r^4 + k_3 \cdot r^6) \quad (8)$$

$$y_{distorted} = y \cdot (1 + k_1 \cdot r^2 + k_2 \cdot r^4 + k_3 \cdot r^6) \quad (9)$$

Тангенциальное искажение происходит потому, что изображения, принимающие линзы, не полностью параллельны плоскости изображения. Выражается формулами:

$$x_{distorted} = x + [2 \cdot p_1 \cdot x \cdot y + p_2 \cdot (p^2 + 2 \cdot x^2)] \quad (10)$$

$$y_{distorted} = y + [p_1 \cdot (r^2 + 2 \cdot y^2) + 2 \cdot p_2 \cdot x \cdot y] \quad (11)$$

Таким образом, мы имеем пять параметров искажения, которые в OpenCV представлены как матрица с одной строкой и пятью столбцами:

$$distortion_coefficients = (k_1, k_2, p_1, p_2, k_3) \quad (12)$$

Внутренние параметры специфичны для камеры. Они включают в себя фокусные расстояния и оптически центры, они используются в виде ещё одной матрицы для удаления искажений, вносимых объективом камеры. Так как эти параметры уникальны для объектива конкретной камеры, они используются повторно для удаления искажений со всех снимков, сделанных одной и той же камерой. Из-за уникальности объективов, данная матрица различна даже для камер одной модели.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (13)$$

Наличие w объясняется использованием системы координат гомографии *(w = Z)*, f_x и f_y (фокусное расстояние камеры) и (c_x, c_y) - оптические центры, выраженные в координатах пикселей [13].

Для построения карты глубины эти искажения должны быть исправлены в первую очередь. Чтобы найти эти параметры, мы должны предоставить некоторые примеры изображений хорошо определенной модели (например, шахматная доска). Мы находим некоторые конкретные точки, из которых мы

уже знаем относительные позиции (например, квадратные углы в шахматной доске). Мы знаем координаты этих точек в реальном мире и координаты на изображении, поэтому мы можем решить уравнения и найти коэффициенты искажения. Для достижения лучших результатов необходимо: снятие не менее 10 тестовых шаблонов; шаблон шахматной доски должен занимать как можно больше плоскости кадра; шаблон должен попадать в поле зрение стереокамеры. Проблему с низкой освещенностью и бликами при нормальном освещении можно решить, используя изображение калибровочной доски на мониторе.

Для калибровки использовалась шахматная доска с соотношениями 8 x 10 клеток (20 x 20) мм, по которой и находились углы каждой из клеток (рисунок 9). Калибровка производилась по 25 изображениям. Углы шаблона находятся функцией OpenCV под названием find Chessboard Corners() [13]. Найденные координаты углов клеток шаблона сохраняются для применения на этапе стерео калибровки. Функция библиотеки OpenCV calibrate Camera() выполняет калибровку камер стереопары по отдельности для каждой камеры [13]. Блок-схема спроектированного алгоритма калибровки приведен в приложении Б.

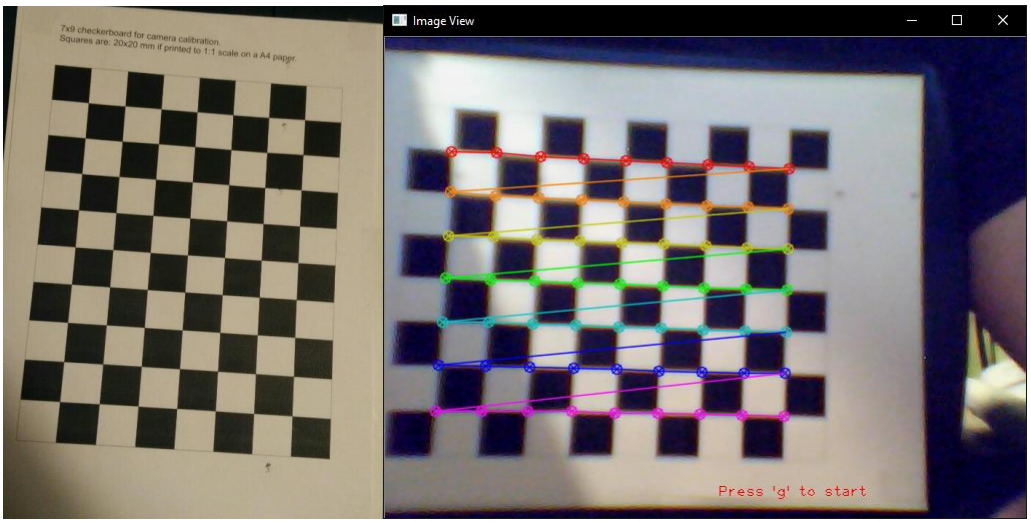


Рисунок 9 – Применение шаблона для калибровки

Выполнив калибровку левой и правой камеры по отдельности, требуется выполнить калибровку стереопары. На этом этапе производится загрузка данных с предыдущего этапа в функцию OpenCV stereo Calibrate() [14]. Функция считает внутренние параметры всей стереопары. То есть мнимые координаты

принципиальных точек камеры и информацию в пикселях о фокусном расстоянии каждой камеры стереопары. Объекты дальнего плана менее подвержены смещению на кадрах с левой и правой камеры, чем близлежащие к стереопаре. Изображение близлежащих объектов будут существенно различаться – реальный объект, снятый на левую камеру, будет на кадре правее, а снятый на правую камеру - левее. Следовательно, чем ближе объект к камере - тем сильнее будет отличаться его изображение на левой и правой картинках. Расстояние смещения называется «несоответствием». Чем выше это значение - тем ближе объект к камере. Сравнив все точки левого и правого изображения, строится их общее, на котором снова происходит поиск углов каждой клетки шахматной доски. Далее на основе полученных результатов поиска, находится коэффициент искажения для общего кадра. После этого шага, выполняется исправление изображений путем удаления на них дисторсии. Эту операцию проделывает функция из библиотеки OpenCV под названием init Undistort() [13]. Этот этап исправляет дисторсию кадров камер. То есть, выравнивает на изображении линии, которые являются прямыми в реальном мире, до прямых.

После этапа устранения дисторсии на изображениях выполняется стерео ректификация. Процесс ректификации изображений заключается в выравнивании плоскостей изображений друг относительно друга, чтобы эпиполярные линии левого и правого изображений совпадали. Таким образом, вертикальная составляющая координаты объекта для построения карты глубины будет одинаковая для левого и правого изображения. Эту процедуру производят при помощи функции OpenCV stereo Rectify() [13]. Результаты калибровки сохраняем в конфигурационный файл, пример в приложении В. В дальнейшем эти настройки мы применяем для построения карты глубин.

2.8 Разработка программной компоненты. Построение карты глубины

На вход подается видеопоток изображений с двух камер, обрабатываясь в цикле, происходит копирование пикселей покадрово в специальные числовые

многоканальные массивы, принадлежащих к классу Mat библиотеки OpenCV. На предыдущем этапе, были найдены искажения, вносимые камерами в изображение. На этом этапе, эти искажения учитываются в обработке изображений. Функция StereoBM берет левую картинку и начинает построчно ее анализировать [9]. На каждой строке алгоритм берет набор точек, и пытается найти похожий набор точек на этой-же строчке на правом изображении. После этого он считает, насколько эти наборы точек друг относительно друга смещены. Функция StereoBM получает на вход две матрицы, содержащие кадры с камер в оттенках серого. Помимо этого, функция также имеет два параметра, значения которых определяют качество построения карты глубины - ndisparities и SADWindowSize [13].

Первый параметр ndisparities указывает, до какого момента алгоритм будет искать необходимую точку в поисках нужного объекта [13]. Параметр SADWindowSize интервал точек, которые эта функция будет искать [13].

Результат построения карты глубин — это массив, в ячейках которого находятся значения «несоответствия» (disparity). Значение disparity на данном этапе может быть как отрицательным, так и положительным. Для получения карты глубинны в оттенках серого, массив нормализуется – минимальное значение становиться равным 0, а максимальное 255. Результат проделанного эксперимента представлен на рисунке 10. В приложении Г показана последовательная схема проделанной работы, а в приложении Д приведен алгоритм построения карты глубины.

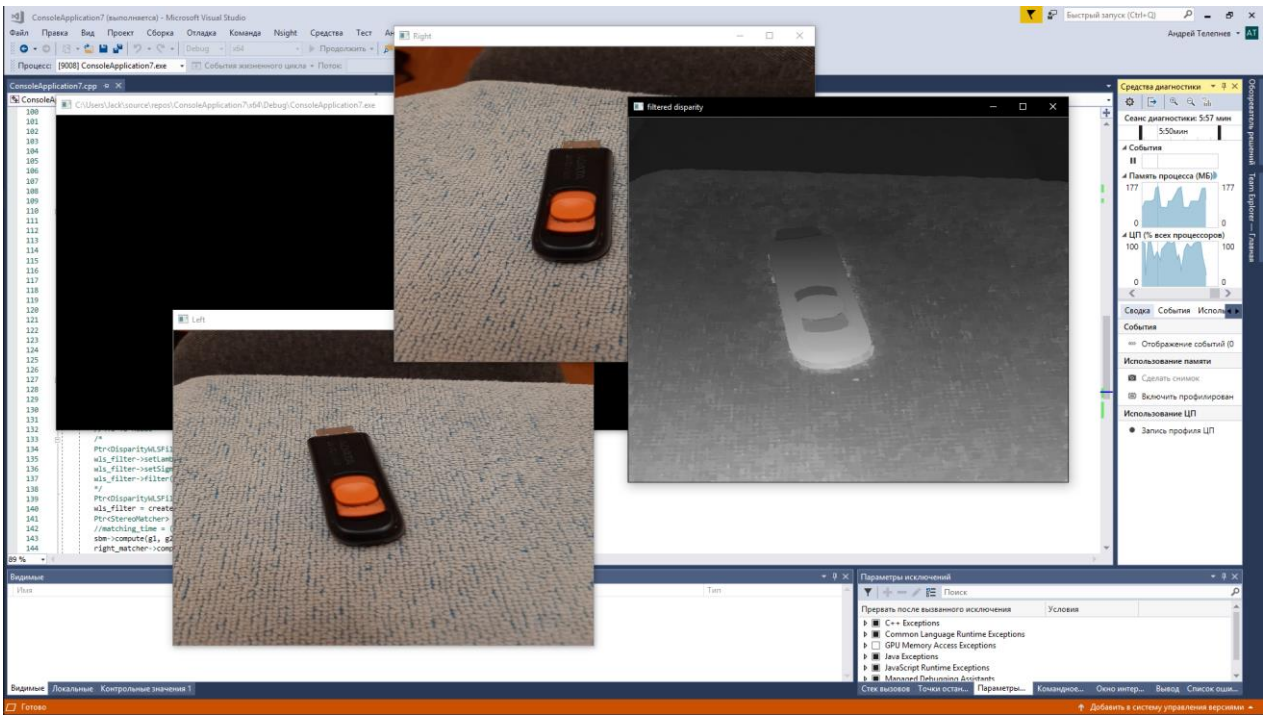


Рисунок 10 – Карта глубины

Заключение по разделу «Проектирование программной компоненты»

В результате проделанной работы была спроектирована программная компонента для построения карты глубины по ректифицированным изображениям с откалиброванной стереопары. Построение карты глубины производится с захваченных кадров со стереокамеры.

Данная программная компонента загружается в другую программу при помощи библиотек OpenCV и OpenCV Contrib. Программная компонента для построения карт глубины служит для извлечения геометрических размеров объекта. Эта информация поступает в программу по построении 3D модели, уточняя модель.

Также, получаемая данным алгоритмом карта глубины, может применятся для решения задач, связанных с оцениванием размеров, расстояний до препятствий и оценке положения объектов на сцене. Алгоритм может применятся в задаче навигации, захвата объекта, построения топографических карт.

Спроектированный алгоритм строит карту глубины с задержкой в 0,5 секунды при разрешении изображений 640x480 пикселей. Это связанно с вычислительной сложностью алгоритма. С установкой стереопары на расстоянии до 30 см, точность построения карты глубины составляет 99 %. При построении карты глубины на расстоянии 30 см, полученное расстояние до объекта составляет 29,7 см.

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 ходе выпускной квалификационной работы были проведены исследования потребности рынка в алгоритме построения карты глубины по ректифицированным кадрам с откалиброванной стереокамеры.

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

- разработчики роботов, использующие стереопары в своих разработках;
- 3D-дизайнеры.

Конечными потребителями являются программисты-робототехники и дизайнеры.

3.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в составлении матрицы SWOT. Составленная матрица SWOT приведена таблице 2.

Таблица 2 - 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. Совершенствование карт глубины новыми методиками; В3. Повышение спроса на программный продукт.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса; У2. Высокие требования на внедрение; У3. Неудовлетворительное качество проекта.		

Второй этап – обнаружение соответствий сильных и слабых сторон разработанного проекта условиям окружающей среды. Знак «+» - сильное соответствие, «-» - слабое соответствие, «0» - в случае сомнений.

Интерактивные матрицы приведены в таблицах 3-6.

Таблица 3 - Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	-	-	-	0
	В2	+	0	+	-
	В3	-	-	-	-

Таблица 4 - Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	0	-
	В2	-	+	-
	В3	+	-	+

Таблица 5 - Интерактивная матрица сильных сторон и угроз

Сильные стороны					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	+	+	-
	У3	-	+	-	-

Таблица 6 - 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 (таблица 7).

Таблица 7 - 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.

Продолжение таблицы 7 - Матрица SWOT

Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ; В2. Совершенствование карт глубины новыми методиками; В3. Повышение спроса на программный продукт.	В2С1С3. Новые методики построения карт глубины могут повысить их качество.	В1Сл1. Использование инфраструктуры ТПУ позволит снизить стоимость проекта. В2Сл2. Применение новых методик может позволить снизить потребность в вычислительной мощности. 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

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 8.

Таблица 8 - 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 калибровки камер стереопары	Студент
	6	Разработка алгоритма построения карты глубины по двум эталонным изображениям	Студент
	7	Тестирование и сравнение различных методов построения карты глубин	Студент
	8	Разработка программы получения эталонных изображений со стереопары	Студент
	9	Разработка программы построения карты глубины с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений	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

3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

- Ожидаемое значение трудоемкости,
- Продолжительность каждой работы,
- Продолжительность выполнения *i*-ой работы в календарных днях,
- Коэффициент календарности.

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

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (14)$$

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

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

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi}, которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{рi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (15)$$

где $T_{рi}$ – продолжительность одной работы, раб.дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{кi} = T_{рi} \cdot k_{кал}, \quad (16)$$

где $T_{кi}$ – продолжительность выполнения *i*-й работы в календарных днях;

$T_{рi}$ – продолжительность выполнения *i*-й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (17)$$

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

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

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

Согласно 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 9. Диаграмма Гантта, построенная по рассчитанным показателям, представлена в таблице 10.

Таблица 9 - Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_р$	$T_к$
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
4	Анализ предметной области	Студент	7	15	10,2	10	12
5	Написание программы для калибровки камер стереопары	Студент	15	25	19	19	23
6	Разработка алгоритма построения карты глубины по двум эталонным изображениям	Студент	4	8	5,6	6	7
7	Тестирование и сравнение различных методов построения карты глубин	Студент	5	12	7,8	8	10
8	Разработка программы получения эталонных изображений со стереопары	Студент	8	15	10,8	11	13
9	Разработка программы построения карты глубины с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений	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
11	Выполнение других частей работы	Студент	5	7	5,8	6	7
12	Подведение итогов, оформление работы	Студент	3	4	3,4	3	4

Таблица 10 - Диаграмма Гантта

№	Наименование работы	Исполнители	$T_к$, *кал. дн.*	Продолжительность выполнения работы														
				Фев.			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Студент	5															
		Руководитель	4															
2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Студент	6															
3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Студент	11															
4	Анализ предметной области	Студент	12															
5	Написание программы для калибровки	Студент	23															
6	Разработка алгоритма построения карты глубины по двум эталонным изображениям	Студент	7															
7	Тестирование и сравнение различных методов построения карты глубин	Студент	10															
8	Разработка программы получения эталонных изображений со стереопары	Студент	13															
9	Разработка ПО построения карты глубины с изображений со стереопары с применением методов фильтрации изображений	Студент	22															
10	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Студент	1															
		Руководитель	1															
11	Выполнение других частей работы	Студент	7															
12	Подведение итогов, оформление работы	Студент	4															

3.2.4 Бюджет научно-технической разработки

Расчет материальных 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 11.

Таблица 11 - Материальные затраты

№	Название	Стоимость, руб
1	Веб-камера SVEN IC-310	2*700=1400
Итого		1400

Расчет затрат на специальное оборудование

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

норма амортизации:

$$\text{Ан} = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33{,}33\ \%, \quad (18)$$

годовые амортизационные отчисления:

$$\text{Аг} = 40000 \cdot 0{,}33 = 13200 \text{ руб.}, \quad (19)$$

ежемесячные амортизационные отчисления:

$$\text{Ам} = \frac{13200}{12} = 1100 \text{ руб.}, \quad (20)$$

итоговая сумма амортизации основных средств:

$$\text{А} = 1100 \cdot 6 = 6600 \text{ руб.} \quad (21)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 6600 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств.

В таблице 12 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени, и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 12 - 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, $F_д$	243

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

$$З_{дн}^{рук} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{33664 \cdot 10{,}4}{243} = 1441{,}76 \text{ руб.}, \quad (22)$$

$$З_{дн}^{студ} = \frac{З_м \cdot М}{F_д} = \frac{1906 \cdot 10{,}4}{243} = 81{,}57 \text{руб.} \quad (23)$$

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_р \cdot (1 + К_{пр} + К_д) \cdot К_р, \quad (24)$$

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

$Т_р$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни,

$К_{пр}$ – премиальный коэффициент,

$К_д$ – коэффициент доплат и надбавок,

$К_р$ – районный коэффициент (1,3 в Томске).

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{дн}$, руб.	$К_{пр}$	$К_д$	$К_р$	$Т_р$	$З_{осн}$, 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

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (25)$$

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

$З_{осн}$ – основная заработная плата.

Таблица 14 - Расчет дополнительной заработной платы

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются как:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (26)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент внебюджетные фонды.

В 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%;

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 15 - 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

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (27)$$

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

Таблица 16 - Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	1400
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

Формирование бюджета затрат проекта разработки

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.
Материальные затраты	1400
Затраты на амортизацию	6600
Затраты на основную заработную плату студенту	14315,53
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
Накладные расходы	7014,75
Общий бюджет	52231,92

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (28)$$

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

$Ф_{pi}$ – стоимость i-го варианта исполнения;

$Ф_{max}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского 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.

$$I_{\text{финр}}^{Kinect} = \frac{70000}{70000} = 1 \quad (29)$$

$$I_{\text{финр}}^{ZED} = \frac{61000}{70000} = 0{,}93 \quad (30)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{пр.студент}} = \frac{53000}{70000} = 0{,}76 \quad (31)$$

В таблице 18 приведена сравнительна характеристика.

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Вес. коэф.	Kinect	ZED	Разработка 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: $I_{\text{студент}} = 4{,}35$; $I_{Kinect} = 3{,}95$; $I_{ZED} = 4{,}2$.

Рассчитаем интегральные показатели эффективности:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4{,}35}{0{,}81} = 5{,}37 \quad (32)$$

$$I_{Kinect} = \frac{3{,}95}{1} = 3{,}95 \quad (33)$$

$$I_{ZED} = \frac{4{,}2}{0{,}93} = 4{,}52 \quad (34)$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$Э_{ср1} = \frac{5,37}{5,37} = 1 \quad (35)$$

$$Э_{ср2} = \frac{3,95}{5,37} = 0,74 \quad (36)$$

$$Э_{ср3} = \frac{4,52}{5,37} = 0,84 \quad (37)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 19.

Таблица 19 - Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Студент	Kinect	ZED
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,76	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

Заключение по разделу «Финансовый менеджмент»

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 52231,92руб.;

4) проведена оценка ресурсоэффективности проекта.

4 Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование алгоритма построения карт глубины по ректифицированным стереоизображениям с калиброванной стереокамеры.

Карта глубины — это изображение, которое хранит информацию о расстоянии от камеры до видимых объектов.

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также рассмотрен комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые необходимые к выполнению в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Спроектированный алгоритм позволяет выполнять построение карт глубины, что в дальнейшем 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.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работодатели при установке ПК обязаны выполнить следующий основной перечень требований:

- к помещению;
- к освещению;
- к организации медицинского обследования пользователей.

Немаловажным фактором при выборе компьютеров для сотрудников является возможность конструкции компьютера изменять положение ПК в различных плоскостях (горизонтальные или вертикальные), с возможной устойчивой фиксацией в положении, которая удобна пользователю. Экран монитора должен содержать регулировку яркость и контрастности, что каждый работник мог установить нужный режим, которые будет соответствовать чувствительности глаз.

Устройство рабочего стола должна быть использовано для оптимального размещения используемого оборудования. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так что бы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления.

На рисунке 11 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

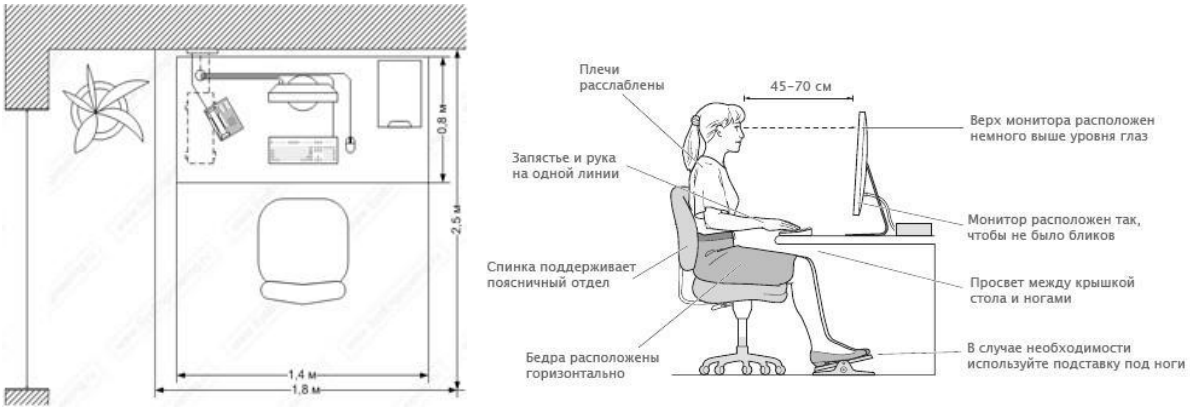


Рисунок 11 - Схема рабочего места (вид сверху и сбоку)

Согласно 212 статье ТК РФ [14] 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 [15] «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке алгоритма построения карт глубины по стереоизображению:

Таблица 20 - 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 [16]
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]
	Отклонения параметров микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 [17]
	Нервно-психические перегрузки	ТОИ Р-45-084-01 [18]
Опасные	Электрический ток, в том числе статическое электричество	«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. [19] «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. [20]

4.2 Производственная безопасность

4.2.1 Повышенный уровень шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ) уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно эпидемиологическими нормативами.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16] установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 21).

Таблица 21 - 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

4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

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

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16] (таблица 22).

Таблица 22 - 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 блесткость источника света	200 кд/м^2
Показатель ослепленности	Не более 20

Продолжение таблицы 22 - Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение яркости между рабочими поверхностями	3:1 - 5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5 %

4.2.3 Отклонения параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что 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 23.

Таблица 23 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96 [17]).

Период года	Категория работ по уровню эн. затрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Отн. 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

4.2.4 Нервно-психические перегрузки

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 24 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 24 - 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

Продолжение таблицы 24 - 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.
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 [18] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

4.2.5 Статическое электричество

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16] 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.

4.2.6 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 [21].

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

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6 [19];
- Межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. №3 [20].

Согласно им:

- электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;
- все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);

- при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на электрооборудовании влажными руками;
- вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;
- выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;
- перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний;

4.3 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» [22] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г. [23], 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.» [24]

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.

4.4 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:

- в помещении должны находится средства тушения пожара, средства связи;
- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- 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:

- 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)-АВСЕ);
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удается;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- 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.

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 строев 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.

Список использованных источников

1. 3D-Expo. Обзор приложений для создания 3d моделей [Электронный ресурс]. URL: https://3d-expo.ru/ru/article/programmy-dlya-sozdaniya-3d-modeley (Дата обращения: 25.05.2019).

2. AUP. Организация контроля качества продукции и профилактики брака [Электронный ресурс]. URL: http://www.aup.ru/books/m93/4_4.html (Дата обращения: 25.05.2019).

3. MKOI. Дефектоскопия, контроль внешнего вида [Электронный ресурс]. URL: http://www.mkoi.org/366/367/372/ (Дата обращения: 25.05.2019).

4. 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

5. MathWorks. Stereo Vision. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mathworks.com/discovery/stereo-vision.html (Дата обращения: 25.05.2019).

6. 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).

7. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.

8. SpyG. Видеокамера ПЗС [Электронный ресурс]. http://spyg.ru/poleznaya_informatsiya/ccd (Дата обращения: 25.05.2019).

9. Hartley R., Zisserman A. Multiple view geometry in computer vision. Second edition. Cambridge University Press, 2003 672 p.

10. Microsoft. Kinect. [Электронный ресурс]. URL: https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect (Дата обращения: 25.05.2019).

11. Vision. Stereo. [Электронный ресурс]. URL: http://vision.middlebury.edu/stereo/ (Дата обращения: 25.05.2019).

12. OpenCV. About. [Электронный ресурс]. URL: https://opencv.org/about/ (Дата обращения: 25.05.2019).

13. OpenCV documentation. Camera Calibration and 3D Reconstruction. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html (Дата обращения: 25.05.2019).

14. Трудовой Кодекс Российской Федерации

15. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

17. СанПиН 2.2.4.548-96

18. ТОИ Р-45-084-01

19. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утверждённые Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.

20. «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г.

21. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Термины и определения

22. Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления»

23. Постановление Правительства РФ № 340 от 2002 г.

24. ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.»

Приложение А

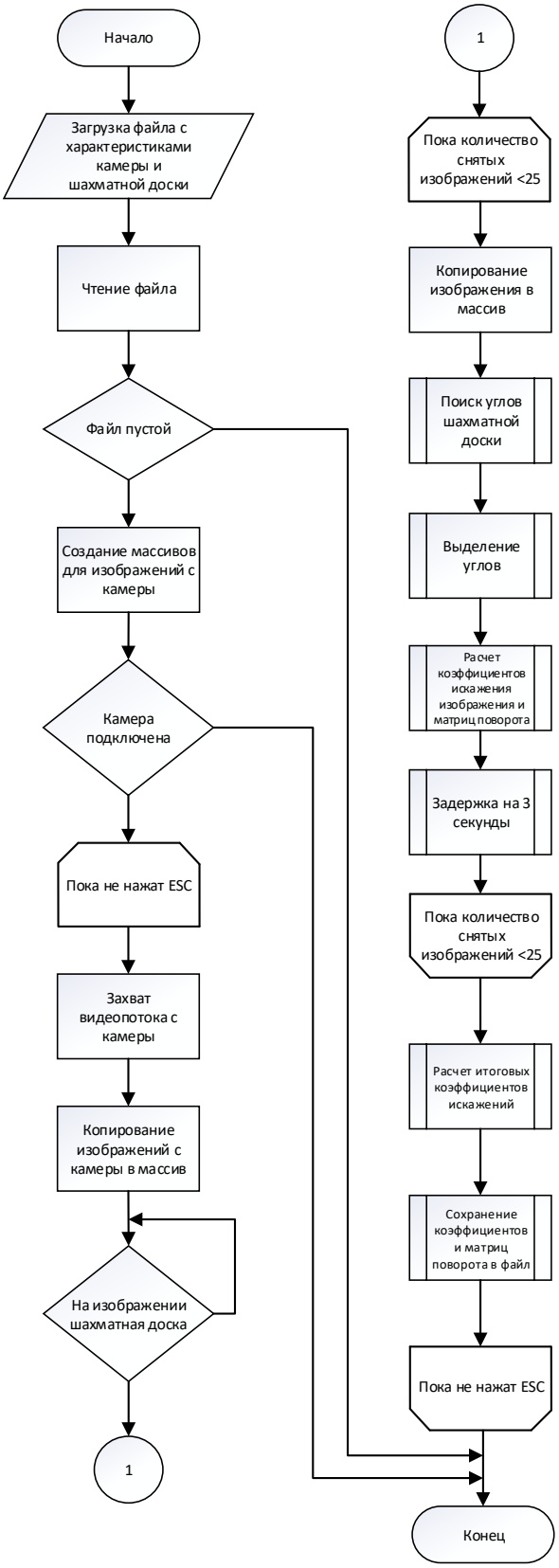
(обязательное)

Схема последовательности контроля за геометрическими параметрами продукта на основе стереопары

Приложение Б

(обязательное)

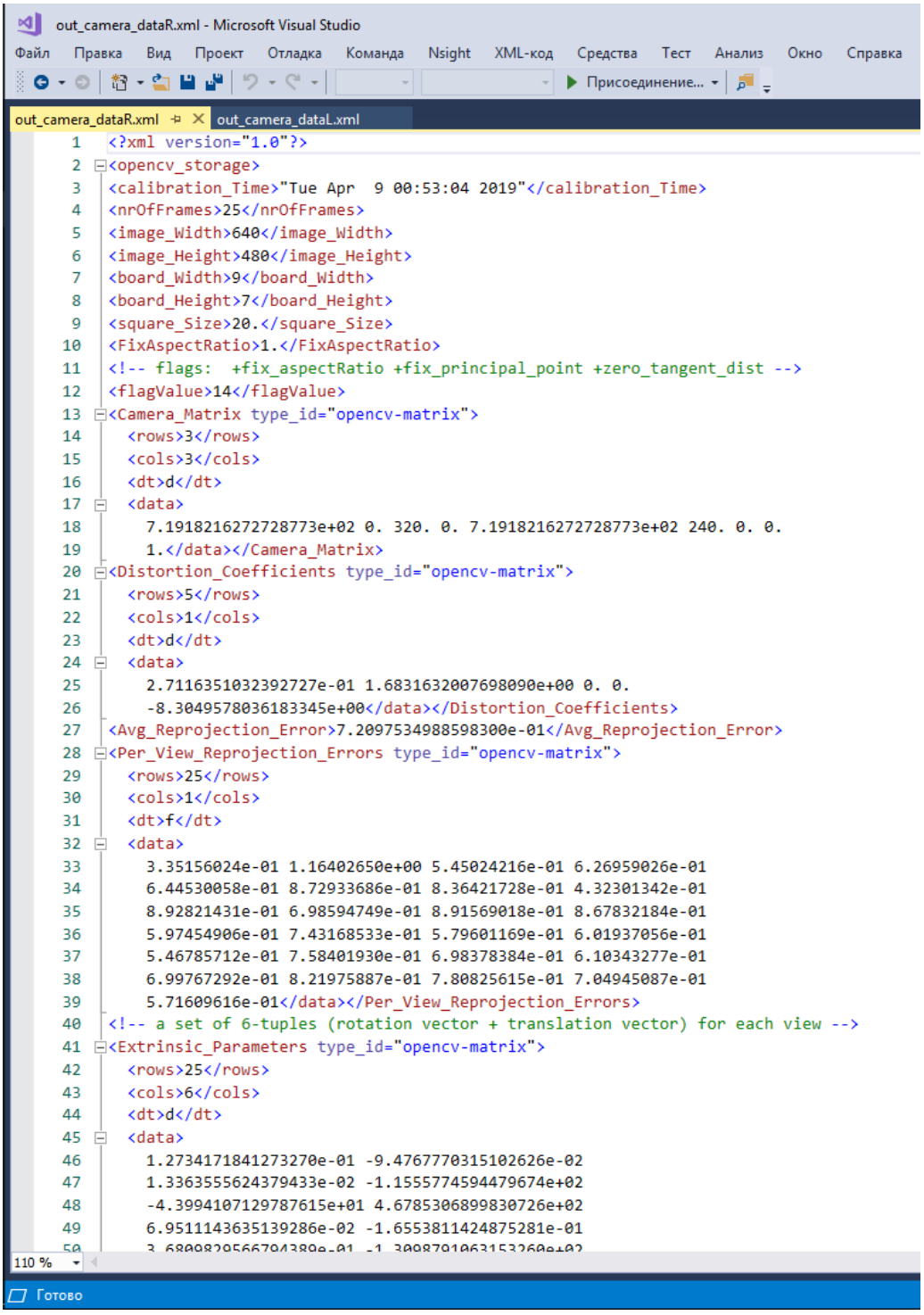
Алгоритм калибровки камеры



Приложение В

(обязательное)

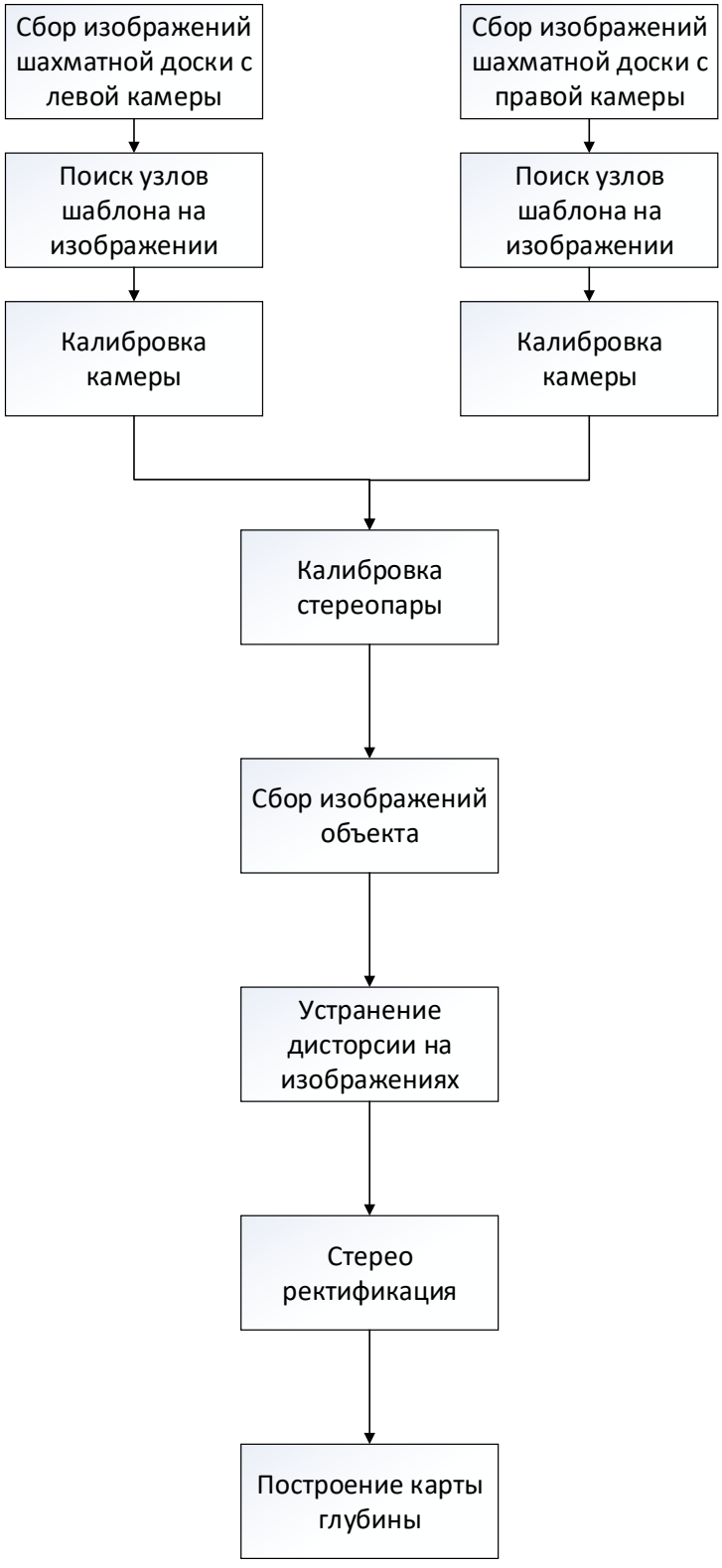
Результат алгоритма калибровки



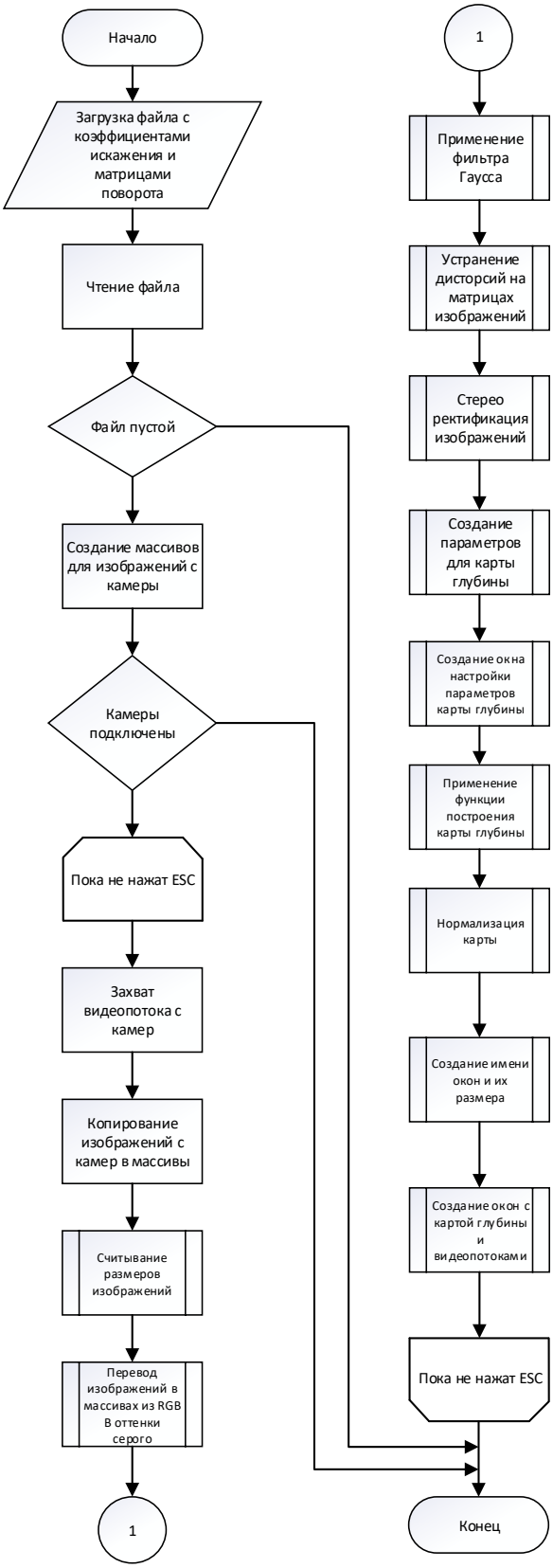
Приложение Г

(обязательное)

Схема последовательности действий для получения карты глубин



Приложение Д

(обязательное)

Алгоритм построения карты глубин