

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.04.16 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Робот для картографирования местности на базе стереокамеры

УДК 007.52:528.94:681.783.332.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Тептюк Алена Дмитриевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Гончаров В. И.	д.т.н.		
Руководитель ООП	Малышенко А. М.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О. Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С. В.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код рез- та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересо- ванных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов

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	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями меж- дународных стандартов EUR- ACE и FEANI
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.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные		
P7	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9),

	<p>безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду</p>	<p>Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i></p>
P10	<p>Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-8, ПК- 11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>
P11	<p>Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-4, ПК- 8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>.</p>

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.04.16 Мехатроника и робототехника
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Малышенко А. М.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ61	Тептюк Алене Дмитриевне

Тема работы:

Робот для картографирования местности на базе стереокамеры	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.03.2018 №2182/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.18
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<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>	Объектом проектирования является робот для картографирования местности. Он работает в периодическом режиме работы, когда есть необходимость в построении карты. Робот состоит из гусеничной платформы, на которой установлена необходимая электроника и стереокамеры для картографирования. Требования к изделию: надежность, безопасность, получение карты, перемещение внутри помещений с неровностями пола. Влияние на окружающую среду не оказывает.

<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. Обзор литературы по картографированию. 2. Разработка структурной схемы. 3. Подбор и описание функциональных компонентов. 4. Разработка конструкторской документации. 5. Разработка алгоритмов для функционирования системы.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Петухов О. Н.
Социальная ответственность	Бородин Ю. В.
Иностранный язык	Горбатова Т. Н.

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

Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.18
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гончаров В. И.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Тептюк Алена Дмитриевна		

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.04.16 Мехатроника и робототехника
Уровень образования Магистратура
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения Весенний семестр 2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.18
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.18	Литературный обзор	25
05.04.18	Экспериментальная часть	30
26.04.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
11.05.18	Социальная ответственность	10
22.05.18	Приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гончаров В. И.	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение автоматизации и робототехники	Малышенко А. М.	д.т.н.		

Реферат

Магистерская диссертация содержит 119 страниц текста, 27 таблиц, 31 рисунок, 1 список использованных источников из 51 наименования, 10 приложений.

Ключевые слова: робототехника, робот, картография, метод одновременной локализации и построения карты (SLAM), стереозрение, компьютерное стереозрение.

Объектом исследования является робот для картографирования местности. Цель работы – разработка робота-картографа на базе стереокамеры. В процессе исследования была изучена литература по тематике картографирования, в частности, роботизированного картографирования, и видам компьютерного зрения.

В результате исследования была разработана структурная схема, был сделан подбор устройств в соответствии с необходимым функционалом, конструкторская документация в виде электрической принципиальной схемы и спецификации, был разработан алгоритм работы системы и написаны соответствующие программы.

Область применения: аварийно-спасательные службы.

В будущем планируется модернизировать робота и способ построения карты местности, а также опробовать его вне помещений совместно с другими роботами.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

АКС – автоматизированные картографические системы

ПК – персональный компьютер

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

ОС – операционная система

ГОСТ – государственный стандарт

СанПиН – санитарные правила и нормы

ФЗ – федеральный закон

ЧС – чрезвычайная ситуация

Содержание

Введение	14
1. Обзор литературы	16
1. 1. Картографирование	16
1. 2. Компьютерное зрение	17
1. 3. Роботизированное картографирование	19
2. Описание разрабатываемой системы	21
2. 1. Структурная схема разрабатываемой системы	21
3. Модули разрабатываемой системы	23
3. 1. Основное управляющее устройство	23
3. 2. Модуль движения	24
3. 3. Модуль движения камеры	25
3. 4. Устройства для взаимодействия с оператором	26
3. 4. 1. Очки виртуальной реальности Oculus Rift CV1	26
3. 4. 2. Геймпад Microsoft CWT-00003	27
3. 5. Сенсоры	28
3. 5. 1. Датчик углеводородных и угарного газа	28
3. 5. 2. Камеры	28
4. Разработка корпуса	30
5. Конструкторская документация	32
6. Разработка алгоритма	33
7. Разработка робота-картографа	35
7. 1. Описание первого прототипа	35
7. 2. ZED-camera	38
7. 3. Работа готового устройства	38
7. 4. Описание работы алгоритма программы для измерения расстояния до объекта и перемещения камеры	39
7. 5. Работа камеры в режиме отслеживания и получения расстояния до объекта	39

7. 6. Итоговое устройство	42
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
8. 1. Предпроектный анализ	45
8. 1. 1. Потенциальные потребители результатов исследования	45
8. 1. 2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
8. 1. 3. FAST-анализ	47
8. 1. 4. Диаграмма Исикавы	51
8. 1. 4. SWOT-анализ	52
8. 1. 6. Оценка готовности проекта к коммерциализации	54
8. 1. 7. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	56
8. 2. Инициация проекта	56
8. 3. Планирование управления научно-техническим проектом	58
8. 3. 1. Иерархическая структура работ проекта	58
8. 3. 2. Контрольные события проекта	59
8. 3. 3. План проекта	59
9. Социальная ответственность	63
9. 1. Профессиональная социальная безопасность	65
9. 1. 1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	66
9. 1. 1. 1. Повышенный уровень шума на рабочем месте	67
9. 1. 1. 2. Повышенный уровень электромагнитных излучений	68
9. 1. 1. 3. Электробезопасность	69
9. 1. 2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	69
9. 1. 2. 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	70
9. 1. 2. 2. Нервно-психические перегрузки	70

9. 1. 2. 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	71
9. 1. 2. 4. Перенапряжение зрительных анализаторов	72
9. 1. 2. 5. Отклонение показателей микроклимата	73
9. 1. 3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	74
9. 1. 3. 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны	74
9. 1. 3. 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	75
9. 1. 3. 3. Нервно-психические перегрузки	76
9. 1. 3. 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	76
9. 1. 3. 5. Перенапряжение зрительных анализаторов	77
9. 1. 3. 6. Отклонение показателей микроклимата	78
9. 1. 3. 7. Электробезопасность	78
9. 1. 3. 8. Пожаровзрывобезопасность	78
9. 2. Экологическая безопасность	79
9. 2. 1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	80
9. 2. 2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования	80
9. 2. 3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	81
9. 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
9. 3. 1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	82
9. 3. 2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта	82
9. 3. 3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	83
9. 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
9. 4. 1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	84

9. 4. 2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	85
Заключение	87
Список литературы	88
Приложение А (справочное). Mapping robot based on stereo camera	93
Приложение Б. Структурная схема системы	102
Приложение В. Блок управления роботом-картографом. Схема электрическая принципиальная	103
Приложение Г. Спецификация элементов схемы электрической принципиальной	105
Приложение Д. Алгоритм для Unity3D	107
Приложение Е. Листинг для Unity3D	108
Приложение Ж. Алгоритм для Raspberry Pi	112
Приложение З. Листинг для Raspberry Pi	113
Приложение И. Алгоритм для сервера	117
Приложение К. Листинг для сервера	118

Введение

Картографирование представляет собой процесс нанесения на карту контуров, которые очерчивают однородные явления, и точек, отражающих места пересечения контуров[1]. Карты служат важным источником информации во многих областях науки и позволяют анализировать различные явления.

Перспективы развития картографии связаны с непрерывным и быстрым ростом использования карт и повышением их роли в экономике страны, научно-исследовательской деятельности и других сферах.

Это объясняется множеством факторов:

- 1) необходимость в точной и подробной информации о земной поверхности, природных ресурсах;
- 2) использование картографического метода для исследования социально-экономических и природных явлений;
- 3) планирование строительства;
- 4) развитие народного хозяйства;
- 5) появления новых отраслей хозяйства, для работы с которыми требуются знания о контурах и рельефах и т.д.[2]

Процесс развития картографирования заключается в использовании более новых и совершенных методов с целью упрощения процесса получения карты и получения более детализированных изображений.

С появлением ЭВМ процесс получения карт начали автоматизировать. Уже в 1964 г. была разработана «автоматическая система для картографии». Она была создана для автоматизированного изготовления издательских оригиналов карт. Затем в 70-е годы автоматизированные картографические системы (АКС) стали включать в себя цифрователи (устройства для перевода карт в цифровую форму), дисплеи для вывода информации с возможностью последующего редактирования и графопостроители для черчения карт[2]. Одной из движущих причин этого явления стало создание высокоточного

оружия, которое могло бы быть применено только лишь при наличии электронных карт местности.

В настоящее время для построения карт используют еще более совершенные методы. В частности, это связано также с развитием робототехники. Сейчас для построения карты при помощи робота достаточно оснастить его системой осязания, разработать алгоритм построения карты и способ передачи оператору.

Роботизированное картографирование (в англоязычной литературе «robotic mapping») представляет собой процесс, в ходе которого робот создает или использует карту местности, а также способен определить себя на этой карте[3].

В рамках данной магистерской диссертации предметом исследования был выбран робот-картограф. Целью являлась разработка робота со следующим набором функций: построение карты местности и получение ее в форме, удобной для оператора, возможность перемещения робота и пр. Более подробно эти функции будут рассмотрены в последующих разделах.

1. Обзор литературы

1. 1. Картографирование

Для карт выделяют следующие основные функции:

- 1) коммуникативную (хранение и передача информации);
- 2) оперативную (решение различных практических задач, например, задачи навигации);
- 3) конструктивную (применение карт в различных отраслях);
- 4) познавательную (исследования природы и общества);
- 5) прогностическую (предвидение явлений)[4].

Общая разработка этих методов относится к картографической науке. Туда же относится картографический метод исследования (применение карт для описания, анализа и познания явлений, получение новых знаний и характеристик и их анализ).

Схема картографического метода изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема картографического метода познания действительности

На данной схеме можно выделить 4 стадии картографирования и использования карт:

- 1) получение сведений об окружающем мире И₁, полученных в ходе наблюдения за ее частью (D₁ – ее процессы и явления);
- 2) обработка информации и построение карты К, которая представляет собой модель из образов и знаков;

3) изучение карты K с целью получения информации I_2 о явлениях, изображенных на карте;

4) формирование исследователем образа D_2 на основании полученной модели и личном опыте исследователя[4].

Для текущего исследования особую важность представляет коммуникативная функция картографирования. Ее модель представлена на рисунке 2.

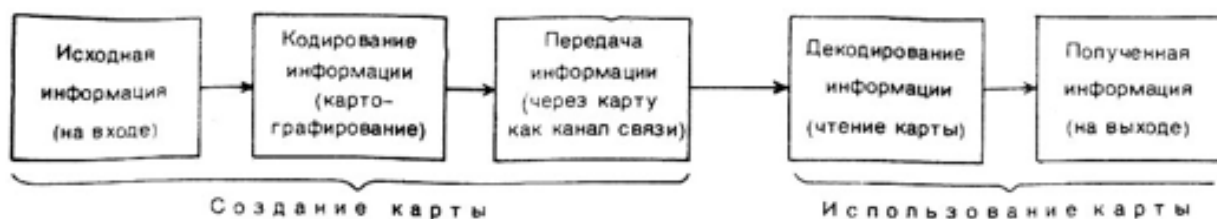


Рисунок 2 – Коммуникативная модель картографии

В ее основе находится математическая теория информации. В настоящий момент обработку математического аппарата осуществляют при помощи компьютерных технологий.

Рассматриваемые далее способы получения информации связаны с термином «компьютерное зрение», которое также широко распространено в робототехнике и фактически является основой картографирования.

1. 2. Компьютерное зрение

Компьютерное зрение — это технология, с помощью которой машины могут находить, отслеживать, классифицировать и идентифицировать объекты, извлекая данные из изображений и анализируя полученную информацию. Компьютерное зрение применяется для распознавания объектов, видеоаналитики, описания содержания изображений и видео, распознавания жестов и рукописного ввода, а также для интеллектуальной обработки изображений[5].

Компьютерное зрение включает в себя:

- воспроизведение действий;
- обнаружение событий;

- слежение;
- распознавание образов;
- восстановление изображений[6].

Рассмотрим далее виды изображений и способы их получения при помощи компьютерного зрения.

1. Цветные изображение видимого спектра.

Их получают путем съемки при помощи одной камеры. Может использоваться любая камера, соответствующая требованиям решаемой задачи.

2. Инфракрасные изображения.

Получаются при помощи использования инфракрасного излучения, которое также называют тепловым излучением из-за того, что длины волн зависят от температуры нагревания: чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения[7].

3. Ультразвуковое изображение.

Данное изображение получают, как следует из названия, путем подачи ультразвуковой волны. По скорости распространения звука в среде судят о ее физических характеристиках.

4. Радиолокационные снимки.

Радиолокационная съемка заключается в зондировании поверхности радиосигналом. Съемка основана на способности объектов по-разному отражать узконаправленные радиоимпульсы. Осуществляется она при помощи радиолокатора, перемещением которого удается исследовать новые участки местности.

5. Изображения с данными о глубине.

Данные о глубине получают путем использования устройств, базирующихся на вышеописанных волнах, в частности, наибольшее распространение получили инфракрасные и ультразвуковые дальномеры. Они используются для объезда препятствий и ориентирования на местности.

Еще одним методом, позволяющим получать изображения с данными о глубине, является использование стереозрения.

Стереозрение позволяет получить представление о расстоянии до объекта. Это достигается путем сравнения изображений с 2 камер, расположенных на 1 прямой на расстоянии, соизмеримом с расстоянием между глаз у человека. Это позволяет симулировать бинокулярное зрение человека. Из-за расстояния между ними получается, что камеры видят одну и ту же картину под разным углом. Оценивая 2 изображения, можно определить расстояние до объекта. Более подробно стереозрение будет рассмотрено в последующих главах[8].

Принцип работы стереокамер основан на эффекте Параллакса.

Параллакс (греч. «смена, чередование») — изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя[9].

1. 3. Роботизированное картографирование

В рамках данной работы будет производиться построение карты при помощи системы осязательного робота.

Основной проблематикой роботизированного картографирования является трудность в его локализации. Одним из разрешений этой проблемы является метод одновременной локализации и отображения (англ. SLAM).

Метод одновременной локализации и построения карты (SLAM от англ. Simultaneous Localization and Mapping) – метод, используемый в мобильных автономных средствах для построения карты в неизвестном пространстве или для обновления карты в заранее известном пространстве с одновременным контролем текущего местоположения и пройденного пути[10].

Из этого также вытекают следующие проблемы: робот может определять различные места как одно и то же, так как ему сложно определить, хранится ли эта местность уже в его памяти, или он посетил ее впервые[3].

Погрешность приборов для измерения расстояния также приводит к накапливающейся ошибке: она тем меньше, чем точнее прибор.

В рамках данной магистерской диссертации будет предложен одно из решений для локализации робота.

2. Описание разрабатываемой системы

В ходе проекта разрабатывается, как уже говорилось, робот-картограф. Он включает себя платформу для передвижения, чтобы иметь возможность снимать разные фрагменты местности, камеры со стереозрением, чтобы получать реальное изображение местности с некоторой глубиной изображения (получение 3D-карты), компьютер для обработки, хранения и передачи данных.

Если рассматривать систему в целом, то данный робот будет обмениваться данными с ПК, к которому также подсоединены очки виртуальной реальности, позволяющие оператору видеть «глазами» робота и геймпадом, чтобы оператор мог им управлять.

В рамках данной задачи робот будет строить карту местности в помещениях. Это связано с заданием и ограничением по используемым камерам.

2. 1. Структурная схема разрабатываемой системы

Работа по проекту началась с разработки структурной схемы системы, которая представлена в приложении Б.

Персональный компьютер (ПК) содержит движок Unity3D для передачи информации от очков виртуальной реальности и геймпада на 2 камеры, образующие стереозрение, и ее сервопривод.

Сервер передает информацию с одноплатного компьютера Raspberry Pi в Unity3D и обратно.

На Raspberry Pi поступает информация с сенсоров (в данном случае это газоанализатор, показывающий содержание в воздухе углеводородов и угарного газа), моторов, обеспечивающих передвижение робота, камер и сервоприводов, которые осуществляют движение вслед за движением головы человека в шлеме виртуальной реальности.

Данные с камер поступают на персональный компьютер по протоколу HTTP.

Для детализации разработанной структурной схемы обратимся к принципу работы системы.

Оператор надевает очки виртуальной реальности и погружается в окружение робота. Затем берет в руки геймпад и осуществляет управление роботом при помощи кнопок. В верхнем углу окна монитора выводится информация о содержании газа в окружающем воздухе. При повороте головы оператора вверх-вниз и влево-вправо, вслед за этим происходит движение камер, что позволяет лучше ориентироваться оператору в местности, окружающей робота.

3. Модули разрабатываемой системы

Рассмотрим модули разрабатываемой системы совместно с использованными компонентами.

3. 1. Основное управляющее устройство

Raspberry Pi – одноплатный компьютер, то есть различные части компьютера, которые обычно располагаются на отдельных платах, здесь представлены на одной. К тому же эта плата имеет относительно небольшой размер — примерно 8,5*5,5 см. Raspberry Pi часто идентифицируют как мозг робота, домашний сервер или просто компьютер[11].

В данной работе была использована следующая версия компьютера Raspberry Pi model B (рисунок 3).

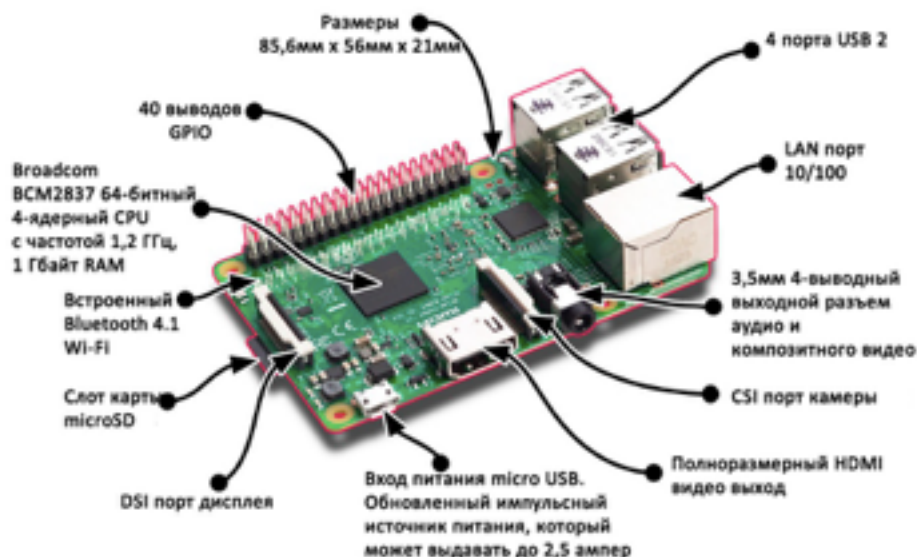


Рисунок 3 – Raspberry Pi Model B. Расположение компонентов

Технические характеристики:

- процессор: 64-битный 4-ядерный ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1,2 ГГц на однокристальном чипе Broadcom BCM2837;
- оперативная память: 1ГБ LPDDR2 SDRAM;
- цифровой видеовыход: HDMI;
- композитный выход: 3,5 мм (4 pin);
- USB порты: USB 2.0×4;
- сеть: WiFi 802.11n, 10/100 Мб RJ45 Ethernet;

- Bluetooth: Bluetooth 4.1, Bluetooth Low Energy;
- разъем дисплея: Display Serial Interface (DSI);
- разъем видеокамеры: MIPI Camera Serial Interface (CSI-2);
- карта памяти: MicroSD;
- порты ввода-вывода: 40;
- габариты: 85x56x17 мм[12].

Одноплатный компьютер был выбран, во-первых, из-за своей мощности, во-вторых, из-за того, что на него в перспективе можно будет установить ROS, в-третьих, можно подключить множество периферийных устройств (имеет до 40-а портов общего назначения), в-четвертых, из-за его компактности (можно разработать небольшого по размеру робота, что позволит ему перемещаться по узким проходам).

3. 2. Модуль движения

Модуль движения предназначен для перемещения платформы по местности. В качестве платформы был выбран гусеничный вариант, что обеспечивает плавное движение по неровностям поверхности (рисунок 4).

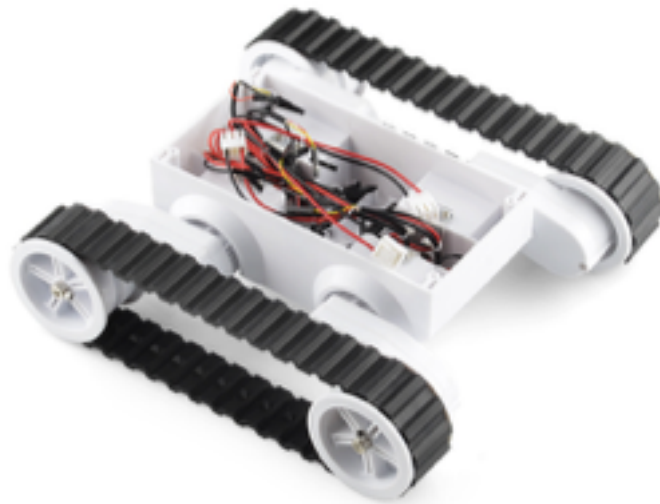


Рисунок 4 – Гусеничная платформа Rover 5

Rover 5 представляет собой гусеничную платформу с двумя моторами, передаточными шестернями и катушками для подавления электрических шумов двигателей.

Характеристики[13]:

- Напряжение для двигателей: 7.2В.
- Ток: 2.5А.
- Крутящий момент: 10кг/см.
- Передаточное отношение: 86.8:1.
- Частота датчика: 1000/3 вращения колеса.
- Скорость: 1км/ч.
- Габариты: 245×235×75 мм.
- Скорость передвижения: 1км/ч.
- Количество двигателей: 2 шт.

Также данная платформа включает в себя двигатели постоянного тока со следующими характеристиками[14]:

- Номинальное напряжение: 7,2В.
- Диапазон рабочих напряжений: 5-7,5В.
- Ток нагрузки: ниже 160мА.
- Скорость нагрузки: 8804+/-10% об/мин.
- Рабочие температуры: -30 - +40°C.

3. 3. Модуль движения камеры

Модуль движения камеры предназначен для того, чтобы камеры могли перемещаться вместе с движением головы человека. Реализовано это при помощи сервопривода (рисунок 5).



Рисунок 5 – Сервопривод FS5106B

Сервопривод осуществляет поворот на угол 180° и может быть зафиксирован в любом положении в рамках этой полуокружности.

Характеристики[15]:

- Диапазон вращения: 180° .
- Напряжение питания: 4,8–6 В.
- Крутящий момент: 5 кг·см при 4,8 В; 6 кг·см при 6 В.
- Скорость вращения: 60° за 0,18 сек при 4,8 В; 60° за 0,16 сек при 6 В.
- Внутренний интерфейс: аналоговый.
- Материал шестерней: нейлон.
- Материал корпуса: пластик.
- Габариты: 40,8 × 20,1 × 38 мм.
- Вес: 40 г.

3. 4. Устройства для взаимодействия с оператором

Данный раздел включает в себя шлем виртуальной реальности Oculus Rift CV1 и геймпад Microsoft CWT-00003.

3. 4. 1. Очки виртуальной реальности Oculus Rift CV1

Очки виртуальной реальности позволяют оператору погрузиться в мир, который видит робот для того, чтобы отслеживать его местоположение не только на мониторе ПК, а давать возможность большого угла обзора (рисунок 6).



Рисунок 6 - Очки виртуальной реальности Oculus Rift CV1

Характеристики[16]:

- Разрешение дисплея для каждого глаза: 2160 x 1200 пикселей.

- Диагональ дисплея: 5 дюймов.
- Платформа: Oculus Home, Steam VR.
- Комплектация: Шлем, 2 контроллера Oculus Touch, 2 инфракрасные камеры-трекера Oculus Sensor.
- Регулировка межлинзового расстояния: Да.
- Регулировка фокусного расстояния: Нет.
- Вес шлема: 470 г.
- Дополнительная информация: Видеокарта Nvidia GTX970/ AMD R9 290 и выше, процессор Intel Core i5-4590/AMD FX-8350 и выше, 8 Gb оперативной памяти, Windows 7 SP1 и выше.
- Совместимость с ПК: Да.
- Совместимость с ОС: Windows.
- Длина провода: 3,5 метра.
- Углы действия систем позиционирования: 110 градусов.
- Датчик приближения: Да.
- Угол обзора: 110 градусов.
- Интерфейсы: 1x HDMI 1.3, 2xUSB 3.0, 1xUSB 2.0.

3. 4. 2. Геймпад Microsoft CWT-00003

Геймпад позволяет оператору управлять движением робота (рисунок 7). За счет такого управления достигается удовлетворительная локализация робота.



Рисунок 7 - Microsoft CWT-00003

Характеристики[17]:

- Тип связи: беспроводной.
- Интерфейс: USB.
- Радиус действия беспроводной связи: 9м.
- MicroUSB.
- Jack 3,5 мм.
- Количество кнопок: 11.
- Количество мини-джойстиков: 2.
- Обратная связь: есть.
- Совместимость: ПК.
- Совместимость с ОС: Windows.
- Размеры: 155x60x108 мм.
- Вес нетто: 0,23 кг.

3. 5. Сенсоры

Сенсоры позволяют роботу воспринимать информацию об окружающей среде.

3. 5. 1. Датчик углеводородных и угарного газа

Этот датчик (рисунок 8) используется для того, чтобы оператор знал, опасно ли ему находиться в помещении или нет. Он позволяет обнаружить наличие в воздухе углеводородных газов и угарного газа. Данные выводятся в окне монитора очков виртуальной реальности.



Рисунок 8 – Датчик газов MQ-9

Характеристики[18]:

- Напряжение питания: 1,5-5В.
- Потребляемый ток: 70мА.

- Диапазон измерений угарного газа: 0,01-1 промилле.
- Диапазон измерений углеводородных газов: 0,1-10 промилле.

3. 5. 2. Камеры

В данном проекте используется 2 камеры для создания стереоэффекта (рисунок 9). О том, как он достигается, будет описано в следующей главе.



Рисунок 9 – Камера RPi, подключенная к Raspberri Pi

Характеристики[19]:

- Производитель: WaveShare.
- Сенсор: 5 мегапиксельный сенсор OV5647.
- Объектив: 1/4 5М.
- Диафрагма: 2,0.
- Фокусное расстояние: 6ММ (регулируемое).
- Диагональ: 75,7 градусов.
- Разрешение: 1080р.
- Размеры: 32x32 мм.
- Дополнительные опции: 4 отверстия для винтов.
- Вес: 0,016 кг.

4. Разработка корпуса

В процессе разработки возникла необходимость в корпусных деталях, поскольку изначально на руках была только гусеничная платформа и электроника. Детали были спроектированы в среде Fusion 360. После этого они были созданы по аддитивной технологии на 3D-принтере.

1. Основная деталь корпуса (рисунок 10).

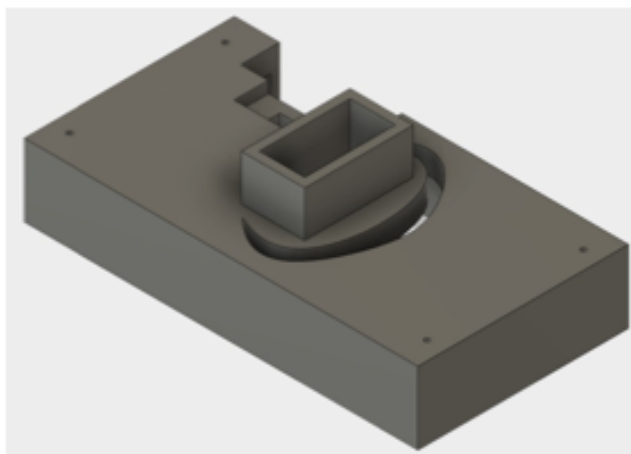


Рисунок 10 – Основная деталь корпуса

Эта деталь служит для того, чтобы обезопасить внутреннюю электронику от внешних воздействий, скрыв ее внутри корпусной детали. Отверстие в форме полукруга служит для того, чтобы проложить провода к одноплатному компьютеру Raspberry Pi. Верхний выступ с отверстием в виде параллелепипеда необходим для размещения привода для поворота камер влево и вправо.

2. Вставная деталь (рисунок 11).

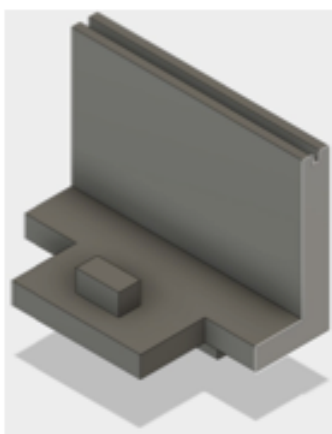


Рисунок 11 – Вставная деталь

Эта деталь вставляется в предыдущую и нужна для того, чтобы иметь быстрый доступ к разъемам, которые она закрывает.

3. Верхняя деталь (рисунок 12).

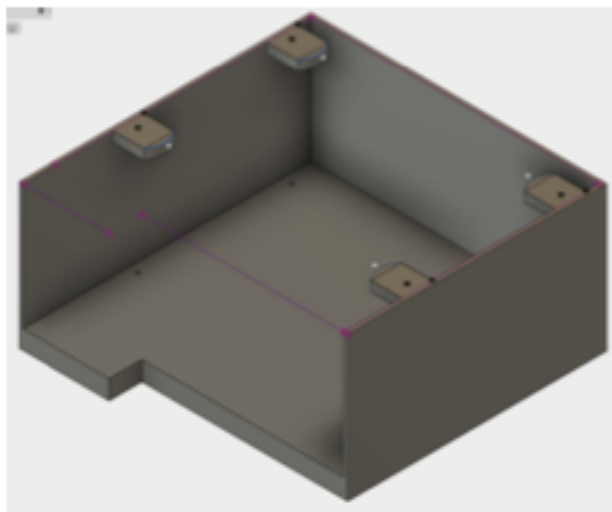


Рисунок 13 – Верхняя деталь

Данная деталь скрывает электронику и камеры от воздействия сверху.

5. Конструкторская документация

Конструкторская документация данного проекта состоит из электрической принципиальной схемы и спецификации входящих в нее элементов.

Принципиальная электрическая схема находится в приложении В.

Спецификация элементов системы расположена в приложении Г. Она выполнена согласно стандарту ГОСТ 2.702-75 ЕСКД.

6. Разработка алгоритма

Решение реализовано в соответствии с архитектурой «клиент-сервер», где содержатся 3 элемента: Unity3D – движок для работы с очками виртуальной реальности и периферией, Raspberry Pi – компьютер с системой стереозрения, сервер, позволяющий двум предыдущим элементам обмениваться информацией. Рассмотрим более подробно алгоритм работы каждого.

Unity3D

- 1) подключение к локальному серверу;
- 2) запись в переменные показаний с акселерометра шлема;
- 3) проверяем нажатия кнопок на геймпаде;
 - если нажата кнопка «Y», то записываем в переменную 3 (ехать вперед);
 - если нажата кнопка «A», то записываем в переменную 1 (ехать назад);
 - если нажата кнопка «B», то записываем в переменную 2 (ехать вправо);
 - если нажата кнопка «X», то записываем в переменную 4 (ехать влево);
- 4) формируем строку из всех переменных;
- 5) отправляем данные на сервер.

Также отдельным потоком каждые 2с отправляется запрос на получение данных с сервера.

Raspberry Pi

- 1) подключение к серверу по IP-адресу компьютера;
- 2) ожидание данных от сервера;
- 3) парсинг строки;
- 4) данные с акселерометра отправляем на сервоприводы для движения камер;
- 5) данные с геймпада отправляются на управление моторами;
- 6) если пришел запрос о получении данных, отправляем их на сервер.

Сервер

1) ждем подключения Unity3D и Raspberry Pi;

2) если пришли данные, то происходит пересылка данных от Raspberry Pi к Unity3D и обратно.

Блок-схемы алгоритмов приведены в приложениях Д, Ж, И, листинги – в приложениях Е, З, К.

7. Разработка робота-картографа

7. 1. Описание первого прототипа

Разработанное первоначально устройство представляло собой небольшой робот колесного типа, на верхней части которого установлена стереокамера (рисунок 13 и 14).



Рисунок 13 – Прототип робота-картографа. Вид спереди

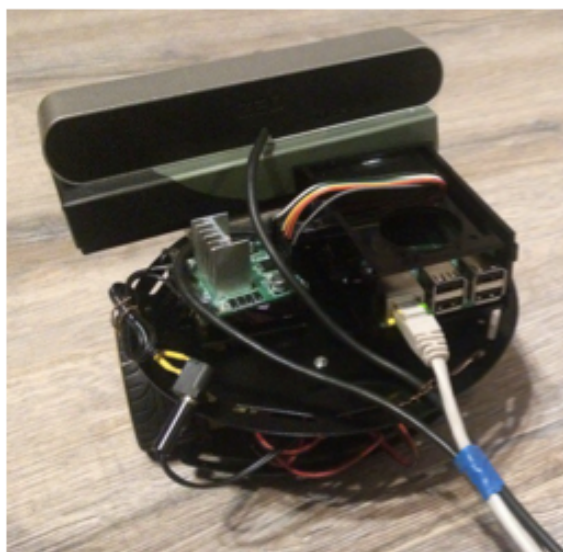


Рисунок 14 – Прототип робота-картографа. Вид сзади

В качестве управляющего устройства для модуля движения был использован одноплатный компьютер Raspberry Pi. Для него был написан алгоритм управления движением машинки. Также сверху была установлена ZED камера для построения карты глубины. На данном этапе она присоединена к компьютеру. В дальнейшем планируется обеспечить автономность.

7. 2. ZED-camera

ZED Stereo camera дает возможность производить съемку 3D-видео в разрешении до 2К с лучшими в своем классе показателями работы при низкой освещенности. Позволяет снимать видео в самых сложных условиях. Камера имеет широкий угол обзора в 110° (рисунок 15)[20].



Рисунок 15 – ZED camera. Внешний вид

Используемая в качестве сенсора глубины картины стерео 3D-камера ZED Stereo camera выполнена по принципу пассивного стереоскопического видения - две обычные камеры выдают на выходе по интерфейсу USB 3.0 синхронизированные правый и левый потоки видео с высоким разрешением в формате “сторона к стороне”. Камера позволяет создавать и обрабатывать в реальном времени карты рельефа с разрешением до 4416×1242 пикселей и скоростью 15 кадров в секунду или до 100 кадров в секунду при меньшем разрешении и получить при этом четкое и качественное изображение.

Технические характеристики:

- оптика: 2 x широкоугольных объектива со стеклянными линзами, апертура $f/2.0$, угол обзора 110° ;
- стереобаза: 120 мм;
- сенсоры: 2 x 4 Мп 1/2,7-дюймовых матрицы с тыльной подсветкой, 16:9;
- синхронизация: синхронизированный электронный построчный затвор, ISP Sync, синхронизация экспозиции;
- настройка: разрешение, скорость кадров, яркость, контрастность, насыщенность, гамма, чёткость, баланс белого;
- дальность составления карты глубины: 1,5 – 20 м;
- качество 2.2К: 4416×1242 , 15fps;

- качество 1080p: 3840×1080, 30fps;
- качество 720p: 2560×720, 60fps;
- качество WVGA: 1344x376, 100fps;
- интерфейс видео сигнала: USB3.0 (встроенный кабель длиной 1,5м);
- питание: 5В 380 мА (через USB);
- габариты: 175 x 30 x 33 мм;
- вес: 159 грамм;
- совместимость с ОС: Windows 7, Windows 8, Linux, OpenCV[20].

Данная система зрения была выбрана, поскольку позволяет получать 3D-изображения местности в хорошем качестве. Также для нее существует специальное программное обеспечение, предназначенное для извлечения модели и способная преобразовывать его в сетку.

Программа ZEDfu (рисунок 16) позволяет пользователю удерживать и перемещать камеру ZED, чтобы быстро создавать 3D-реконструкцию сцены. Цветная модель 3D-сетки создается путем интеграции данных изображения и глубины ZED с течением времени с нескольких точек зрения[21].

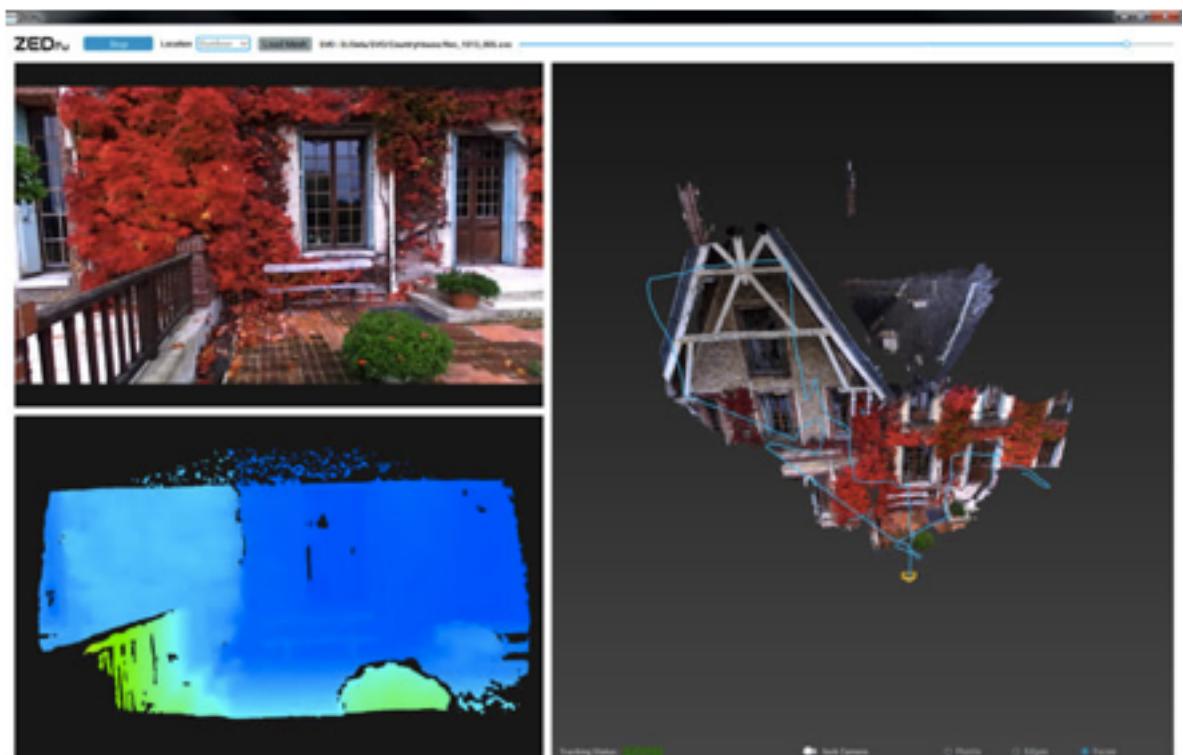


Рисунок 16 – Интерфейс ZEDfu

При работе с ZED камерой следует учитывать, что ее зрение основано исключительно на камерах, поэтому следует использовать ее на открытых, хорошо освещенных пространствах, не стоит перемещать ее слишком быстро, чтобы избежать размытия изображения и следующих за этим неточностей построения.

7.3. Работа готового устройства

Фотографии устройства приведены на рисунках 13 и 14.

На рисунке 17 показано, как робот видит окружающую его местность. Также можно проследить за тем, как он строит сетку.

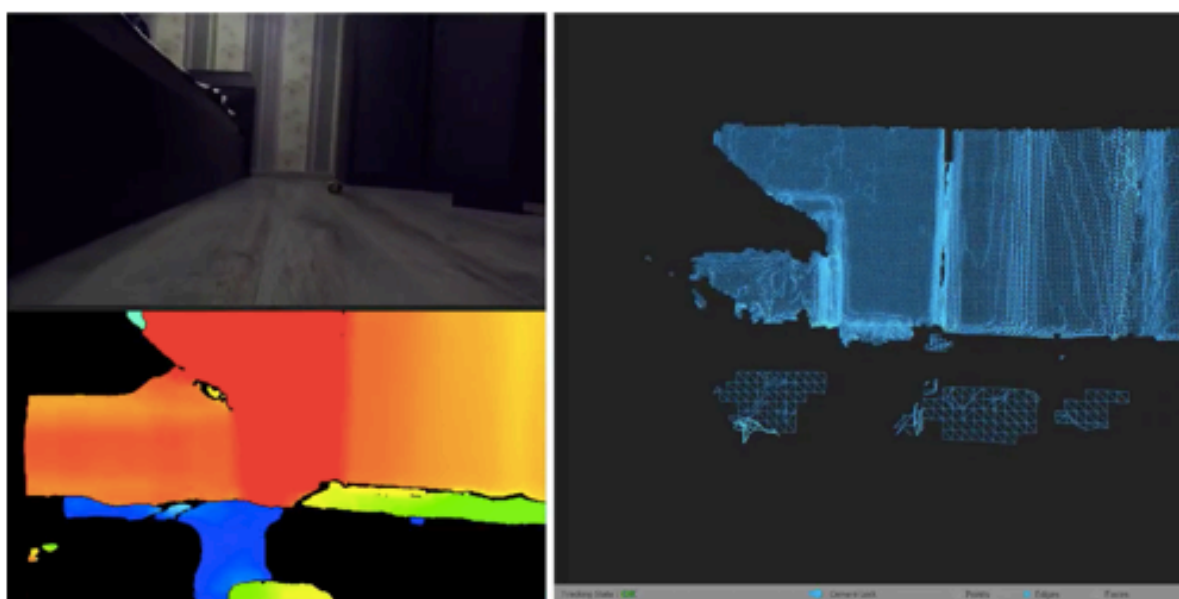


Рисунок 17 – Видение робота

Одна из особенностей ZED камеры в том, что она отслеживает собственное позиционирование в системе координат, которые она построила (рисунок 18).

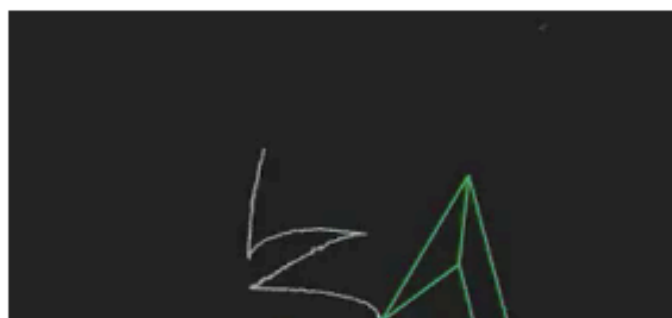


Рисунок 18 – Траектория движения камеры

7. 4. Описание работы алгоритма программы для измерения расстояния до объекта и перемещения камеры

В ходе выполнения программы сначала создается объект камеры, затем производится настройка камеры: режим глубины, в каких единицах снимать координаты. Затем было подключено слежение камеры за своими координатами.

После с камеры было получено 100 изображений. Из них были извлечены данные о глубине центральной точки. Также была получена информация о положении камеры. Все полученные данные были выведены. После чего камера была отключена.

7. 5. Работа камеры в режиме отслеживания и получения расстояния до объекта

ZED камера позволяет строить 3D карту местности, поэтому в данной программе были извлечены данные о глубине, а именно, расстояние до объекта. Также камера способна отслеживать собственное положение в пространстве, поэтому также были выведены координаты самой камеры.

Положение камеры приведено на рисунках 19 и 20.



Рисунок 19 – Положение камеры и объекта



Рисунок 20 – Расстояние от объекта до камеры

Результат работы программы приведен на рисунке 21.

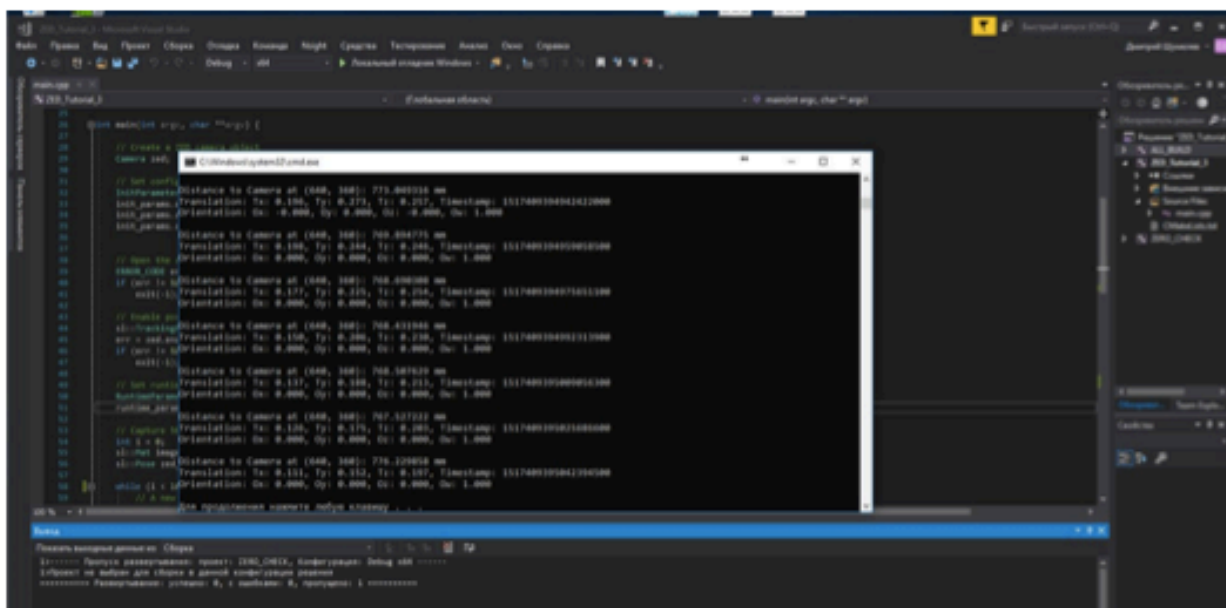


Рисунок 21 – Результат работы программы

Также часть результата приведена ниже в текстовом виде.

Distance to Camera at (640, 360): 773.049316 mm

Translation: Tx: 0.196, Ty: 0.273, Tz: 0.257, Timestamp:
1517409394942422000

Orientation: Ox: -0.000, Oy: 0.000, Oz: -0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 769.894775 mm
Translation: Tx: 0.198, Ty: 0.244, Tz: 0.246, Timestamp:
1517409394959058500
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 768.690308 mm
Translation: Tx: 0.177, Ty: 0.225, Tz: 0.254, Timestamp:
1517409394975651100
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 768.431946 mm
Translation: Tx: 0.150, Ty: 0.206, Tz: 0.230, Timestamp:
1517409394992313900
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 768.507629 mm
Translation: Tx: 0.137, Ty: 0.188, Tz: 0.213, Timestamp:
1517409395009056300
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 767.527222 mm
Translation: Tx: 0.126, Ty: 0.175, Tz: 0.203, Timestamp:
1517409395025686600
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

Distance to Camera at (640, 360): 776.229858 mm
Translation: Tx: 0.111, Ty: 0.152, Tz: 0.197, Timestamp:
1517409395042394500
Orientation: Ox: 0.000, Oy: 0.000, Oz: 0.000, Ow: 1.000

7. 6. Итоговое устройство

Итоговое устройство представляет собой робота-картографа на гусеницах с камерами для стереозрения сверху (рисунок 22 и 23).

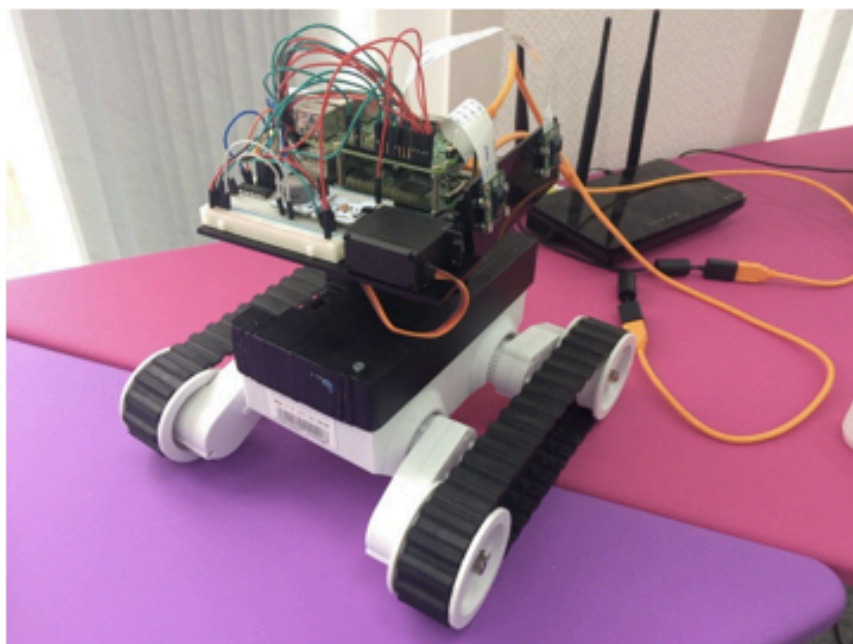


Рисунок 22 – Робот-картограф (вид спереди)

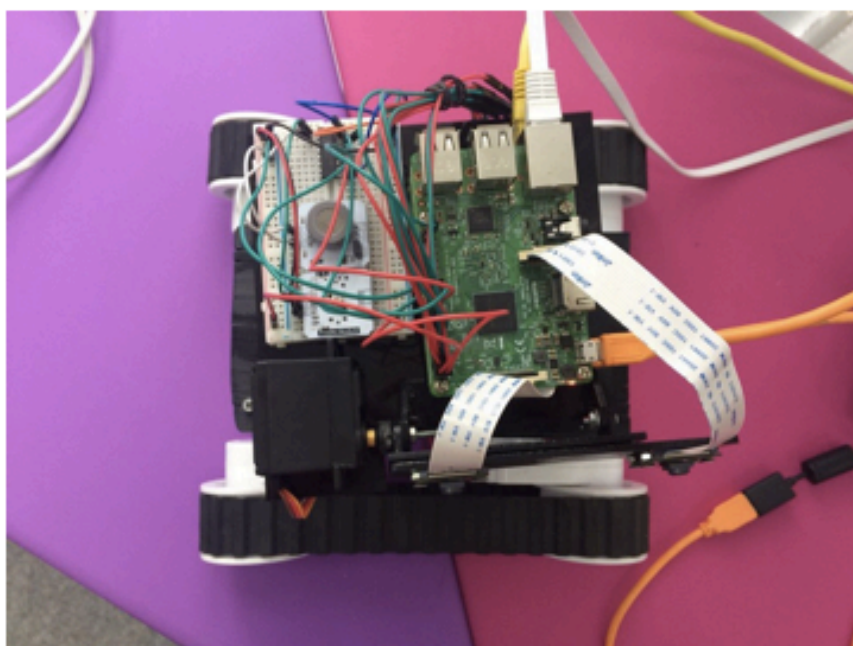


Рисунок 23 – Робот-картограф (вид сверху)

Подробное строение робота-картографа было рассмотрено в предыдущих главах.

Ниже приведено изображение, иллюстрирующее работу «клиент-сервера» и изображение в Unity3D с камеры, которое видит оператор в очках виртуальной реальности (рисунок 24). Также в специальном окне оператору выводится сообщение об окружающей среде. Для этого можно подключить любые датчики, а также выводить показания с них и нормы, установленные стандартами.

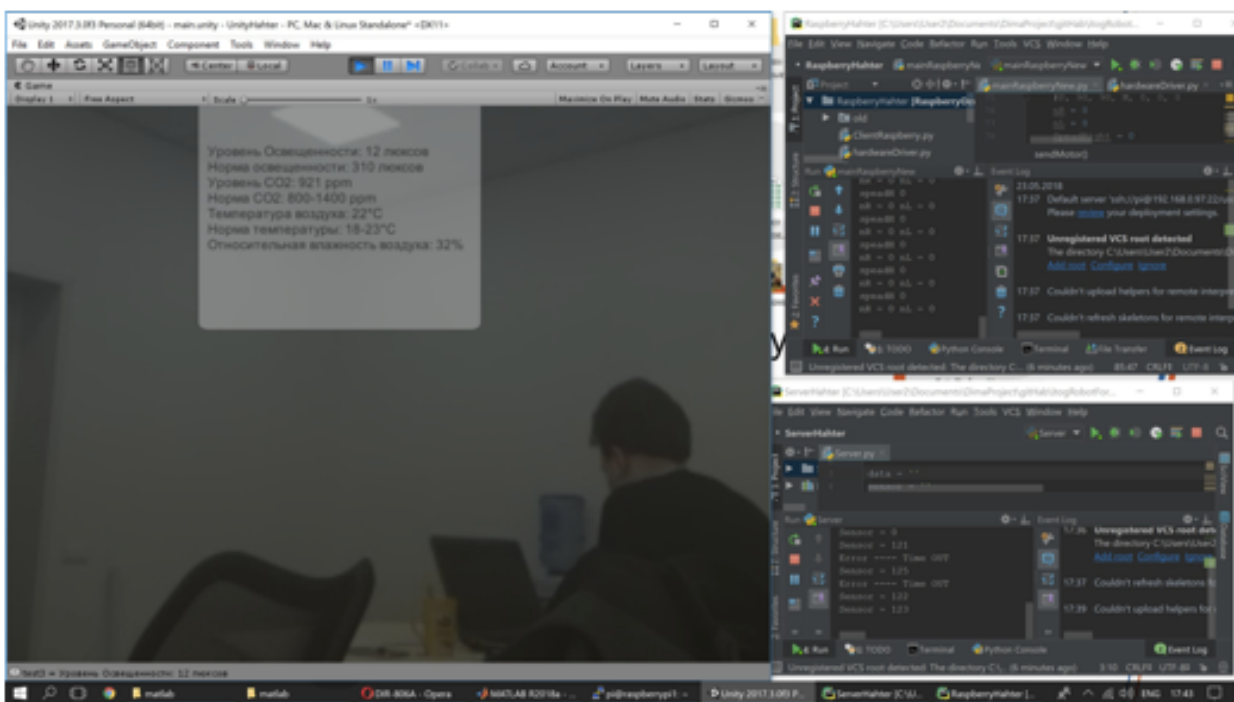


Рисунок 24 – Окно Unity3D с отображением вида с камеры

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕМ61	Тептюк Алене Дмитриевне

Школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	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	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	4. Определение трудоёмкости выполняемых работ
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	5. Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСНГ ШИП	Петухов О. Н	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Тептюк Алена Дмитриевна		

8. 1. Предпроектный анализ

8. 1. 1. Потенциальные потребители результатов исследования

Исследования в магистерской диссертации направлены на робототехнику для аварийно-спасательных служб. Цель данных исследований: обезопасить труд человека при работе в чрезвычайных ситуациях. Для этого необходимо автоматизировать многие работы, которые сейчас выполняются человеком вручную. В частности, нужно автоматизировать процесс ликвидации последствий аварий и поиск людей в завалах.

Чтобы понять структуру рынка роботов для аварийно-спасательных служб, сделаем карту сегментации. Важными критериями для этого рынка является стоимость оборудования и надежность. Под надежностью будем понимать устойчивость устройства к внешним воздействиям, например, к обрушению завалов. Карта сегментирования приведена в таблице 1.

Таблица 1. Карта сегментирования по роботам для аварийно-спасательных служб.

Параметр		Роботы для аварийно-спасательных служб			
		Роботы для поиска людей	Дроны	Картографы	Манипуляторы для разбора завалов
Надежность	Высокая				
	Низкая				
Стоимость	Высокая				
	Средняя				
	Низкая				

По данной таблице мы видим, что основным сегментом для нас можно выделить производство пусть и не самых надежных, но зато низкой и средней стоимости роботов, чтобы в случае разрушений службы не несли больших материальных потерь.

8. 1. 2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Необходимо провести анализ конкурентных технических решений, чтобы понять, стоит ли нам двигаться дальше по намеченному пути, сможет ли наше решение представлять конкуренцию. Для этого воспользуемся оценочной картой (таблица 2).

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение качества производительности труда пользователя	0,08	4	3	4	0,32	0,24	0,32
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
3. Помехоустойчивость	0,04	5	4	4	0,20	0,16	0,16
4. Энергоэкономичность	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
5. Надежность	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
6. Уровень шума	0,03	4	5	5	0,12	0,15	0,15
7. Безопасность	0,09	5	5	4	0,45	0,45	0,36
10. Простота эксплуатации	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	5	4	0,35	0,35	0,28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
3. Цена	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
5. Послепродажное обслуживание	0,04	4	5	5	0,16	0,20	0,20
6. Финансирование научной разработки	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,03	4	4	3	0,12	0,12	0,09
8. Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,20	0,20	0,20
Итого	1	Суммарная оценка			4,38	3,93	3,96

B_{ϕ} – робот-картограф, разрабатываемый командой ТПУ. B_{K1} – робот фирмы «Kiva». B_{K2} – робот компании «Pioneer».

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \text{ где}$$

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентами: программный продукт удобен в эксплуатации, адаптирован к двум предметным областям

Коэффициент конкурентоспособности предприятия:

$$k_{kc} = \frac{K_{\phi}}{K_{K1}} = \frac{\left(\frac{4,38}{3,93} + \frac{4,38}{3,96}\right)}{2} = 1,11.$$

$k_{kc} > 1$, следовательно, предприятие конкурентоспособно.

8. 1. 3. FAST-анализ

Данный вид анализа аналогичен функционально-стоимостному анализу и позволяет оптимизировать функции объекта.

1 стадия. Выбор объекта FAST-анализа.

Объектом FAST-анализа является робот-картограф, объект данного исследования.

2 стадия. Описание главной, основных и вспомогательных функций объекта.

Для удобства классификации функций внесем все необходимые данные в таблицу 3.

Таблица 3. Классификация функций, выполняемых объектом исследования.

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
1) Камера	2	Определение особых точек внешней среды и расстояние до них при помощи стереозрения	X		
2) Одноплатный компьютер Raspberry Pi	1	Преобразование полученных точек в карту местности Хранение рабочих программ		X	
3) Wi-Fi модуль	1	Передача карты местности другим роботам			X
4) Датчики	5	Получение дополнительных данных об окружающем мире			X
5) Аккумуляторы	4	Питание электрических составляющих робота			X
6) Гусеничная платформа	1	Передвижение робота			

3 стадия. Определений значимости функций объекта.

Построим таблицу смежности для определения значимости одной функции перед другой (таблица 4).

Таблица 4. Матрица смежности.

	1	2	3	4	5	6
1	=	<	<	<	<	<
2	>	=	<	<	<	<
3	>	>	=	>	<	<
4	>	>	<	=	>	>
5	>	>	>	<	=	>
6	>	>	>	<	<	=

Преобразим матрицу смежности в матрицу количественных соотношений функций (таблица 5).

Таблица 5. Матрица количественных соотношений функций.

	1	2	3	4	5	6	Итого
1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,5
2	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	4,5
3	1,5	1,5	1	1,5	0,5	0,5	6,5
4	1,5	1,5	0,5	1	1,5	1,5	7,5
5	1,5	1,5	1,5	0,5	1	1,5	7,5
6	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1	6,5
Сумма							36

Определим значимость каждой функции.

1 функция: $3,5/36=0,10$

2 функция: $4,5/36=0,12$

3 функция: $6,5/36=0,18$

4 функция: $7,5/36=0,21$

5 функция: $7,5/36=0,21$

6 функция: $6,5/36=0,18$

4 стадия. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Оценим уровень затрат на каждую функцию (таблица 6).

Таблица 6. Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Трудоемкость детали, норм-ч	Стоимость материала, руб	Заработная плата, руб	Себестоимость, руб
Камера	2	Определение особых точек внешней среды и расстояние до них при помощи стереозрения	1,04	834	487 0,10	1321 0,14
Одноплатный компьютер Raspberry Pi	1	Преобразование полученных точек в карту местности Хранение рабочих программ	1,92	3233	573 0,12	3806 0,41
Wi-Fi модуль	1	Передача карты местности другим роботам	1,26	243	508 0,18	751 0,08
Датчики	5	Получение дополнительных данных об окружающем мире	0,72	422	405 0,21	827 0,09
Аккумуляторы	4	Питание электрических составляющих робота	0,16	928	103 0,21	1031 0,11
Гусеничная платформа	1	Передвижение робота	0,68	1255	354 0,18	1609 0,17 9345

5 стадия. Построение функционально-стоимостной диаграммы и ее анализ.

Посмотрим функционально-стоимостную диаграмму (рисунок 25).



Рисунок 25 – Функционально-стоимостная диаграмма

Наблюдается явное рассогласование по 2 функции.

6 стадия. Оптимизация функций объекта.

Оптимизировать рассогласование по 2 функции, а именно использование одноплатного компьютера, возможно путем либо уменьшения стоимости самого устройства, но в условиях данной задачи это сделать невозможно, либо путем увеличения нагрузки на этот узел путем добавления полезных функций на него.

8. 1. 4. Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы определяет причинно-следственные связи между факторами, оказывающими влияние на объект исследования, и результатом. Диаграмма приведена на рисунке 26.

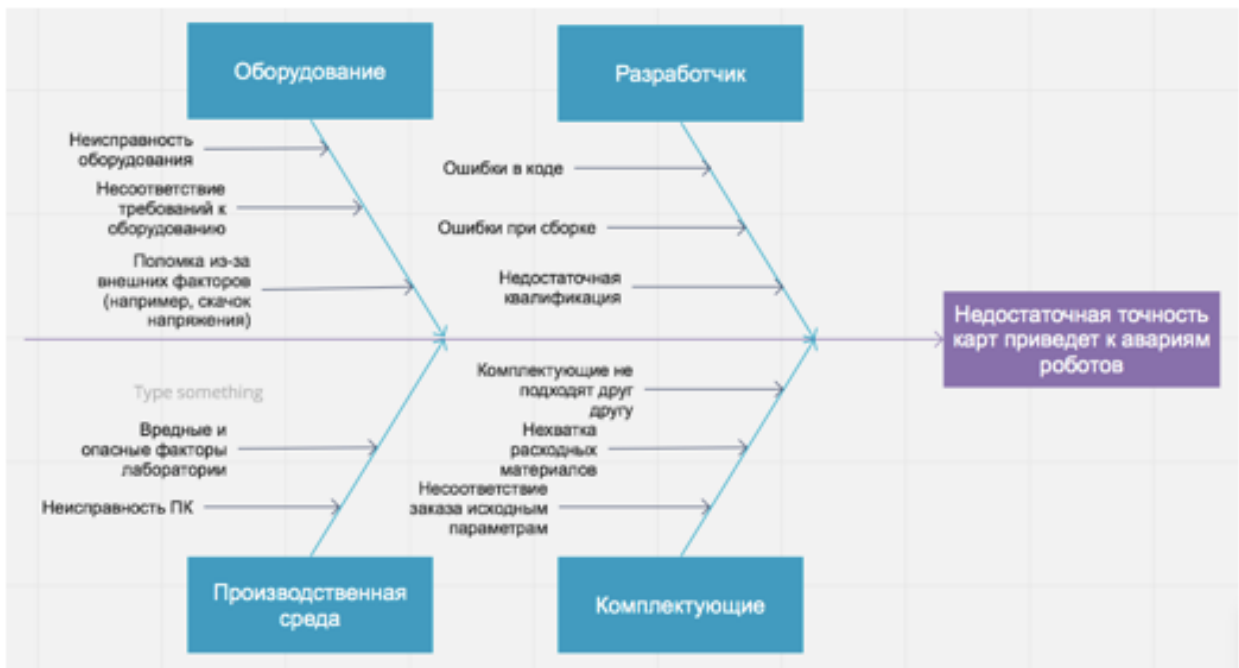


Рисунок 26 – Причинно-следственная диаграмма

8. 1. 4. SWOT-анализ

Для исследования проекта, проведем SWOT-анализ, который состоит из определения сильных, слабых сторон проекта, его возможностей и угроз (таблица 7).

Таблица 7. SWOT-анализ.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономия средств на оснащение системой ориентации роботов. С2. Низкая себестоимость прототипа. С3. Способность передвижения по пересеченной местности. С4. Простота в обслуживании. С5. Компактность корпуса.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок комплектующих. Сл2. Перемещение робота не автоматизировано. Сл3. Отсутствие финансирования. Сл4. Недоработанный протокол передачи данных роботам. Сл5. Хрупкие материалы корпуса.</p>
<p>Возможности: В1. Инновационные структуры вузов. В2. Появление инвестиций. В3. Усовершенствование технологий при сохранении себестоимости. В4. Работа совместно с компаниями. В5. Внедрение робота-картографа в систему аварийно-спасательных роботов.</p>	<p>В2С1С2С5; В3С1С2; В4С2С4; В5С1С3.</p>	<p>В1Сл1Сл2Сл3; В2Сл2Сл3Сл5; В3Сл2Сл4; В4Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса. У2. Низкая надежность приобретенных комплектующих. У3. Сложности с сертификацией робота. У4. Резкий рост стоимости комплектующих. У5. Ужесточение санкций.</p>	<p>У2С1С2С5; У3С1С2; У4С1С2; У5С1С2С5.</p>	<p>У1Сл3; У2Сл1Сл5; У3Сл2Сл3Сл4; У4Сл1Сл3Сл5; У5Сл1Сл3.</p>

Для выявления взаимосвязей компонентов между собой составим интерактивные матрицы проектов (таблица 8-11).

Таблица 8. Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта.

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	+	-	-	+
	B3	+	+	-	-	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	+	-	+	-	-

Таблица 9. Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта.

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	+	-	-
	B2	-	+	+	-	+
	B3	-	+	-	+	-
	B4	+	+	+	+	+
	B5	-	-	-	-	-

Таблица 10. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта.

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	+	-	-	+
	У3	+	+	-	-	-
	У4	+	+	-	-	-
	У5	+	+	-	-	+

Таблица 11. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	-	-	-	+
	У3	-	+	+	+	-
	У4	+	-	+	-	+
	У5	+	-	+	-	-

8. 1. 6. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На данном этапе исследования необходимо оценить степень готовности проекта к коммерциализации и собственных возможностей для ее осуществления (таблица 12).

Таблица 12. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации.

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	1
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	4
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	5
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	Итого баллов	35	41

Поскольку оба показателя вписываются в границу 30-44 балла, то проект можно оценивать на среднюю перспективность. Здесь хотелось бы

отметить, что разработаны только первые прототипы, поэтому вопросы коммерциализации на данный момент проработаны слабо.

8. 1. 7. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

На данном этапе цель – получение финансовых средств для продолжения исследований, чтобы найти наилучшее соотношение по таким параметрам как цена, качество, габариты, удароустойчивость и т.д.

Среди предложенных вариантов коммерциализации мной был выбран инжиниринг, поскольку он больше всех подходит к текущему этапу моего исследования. Я занимаюсь разработкой робота-картографа, на данный момент у меня готов прототип, который я совершенствую дальше. Сейчас у меня есть база накопленных знаний о том, какие из опробованных вариантов были более удачными, какие – менее, поэтому, пока я нахожусь в процессе доработки, я бы могла выступить консультантом в вопросах построения объемной карты местности и конструкции самого устройства.

8. 2. Инициация проекта

В данном разделе определяются изначальные цели и финансовые ресурсы. Это должно быть отражено в уставе проекта.

1) Цели и результат проекта

Сначала необходимо отразить все заинтересованные стороны проекта (таблица 13).

Таблица 13. Заинтересованные стороны проекта.

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Разработчик	Вариант проекта с оптимальной комбинацией компонентов будет найден. Последующая коммерциализация проекта.
Научный руководитель	Успешная реализация проекта.

Здесь нужно представить информацию об иерархии целей и результатов проекта (таблица 14).

Таблица 14. Цели и результаты проекта.

Цели проекта	Проработать другие варианты сборки комплектующих, чтобы найти сборку, которая предоставит качественную карту. Снизить себестоимость робота за счет подбора различных комплектующих и оптимизации процессов разработки для снижения их стоимости.
Ожидаемые результаты проекта	1) Полученный робот-картограф будет строить карту местности и будет передавать ее другому роботу при помощи специального протокола. 2) Принявший карту робот будет перемещаться с небольшой долей погрешности.
Критерии приемки результата проекта	Робот имеет герметичную компактную сборку, осуществляет построение объемной карты местности, передачу данных другим роботам, способен перемещаться автоматически.
Требования к результату проекта	1) Робот будет строить карту не дольше 2 часов на помещении площадью 100м ² . 2) Соприкосновения робота с вертикальными поверхностями будет оставлять только царапины. 3) Если с высоты 1м уронить на робот книгу порядка 200стр, роботу ничего не будет.

2) Организационная структура проекта

На данном этапе необходимо решить, кто будет входить в рабочую группу проекта и какую роль будет выполнять (таблица 15).

Таблица 15. Рабочая группа проекта.

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Гончаров В. И., ТПУ, профессор-консультант	Руководитель	Координация действий исполнителя	22
2	Бородин Ю. В., ТПУ, доцент	Эксперт	Консультация по социальной ответственности	5
3	Петухов О. Н., ТПУ, доцент	Эксперт	Консультация по финансовому менеджменту	5
4	Горбатова Т. Н., ТПУ, старший преподаватель	Эксперт	Консультация по английскому языку	5
5	Тептюк А. Д., студент ТПУ	Исполнитель	Разработка проекта	158
Итого:				195

3) Ограничения и допущения проекта

В данной части работы необходимо отразить границы проекта (таблица 16).

Таблица 16. Ограничения проекта.

Фактор	Ограничения/допущения
3. 1. Бюджет проекта	Отсутствует. Ведется поиск.
3. 1. 1. Источник финансирования	Отсутствует. Расходы из личных ресурсов. Оборудование используется в лаборатории по договоренности.
3. 2. Сроки проекта	Нехватка человеческих и временных ресурсов.
3. 2. 1. Дата утверждения права управления проектом	Нехватка человеческих и временных ресурсов.
3. 2. 2. Дата завершения проекта	Нехватка человеческих и временных ресурсов.
3. 3. Прочие ограничения и допущения	Ограничения по времени использования оборудования. Ограничения, связанные с нормативными документами.

8. 3. Планирование управления научно-техническим проектом

Планирование связано с постановкой цели, задач для ее достижения и прогнозируемого результата.

8. 3. 1. Иерархическая структура работ проекта

ИСР, содержащая структуру работ, приведена на рисунке 27.



Рисунок 27 – Иерархическая структура работ

8. 3. 2. Контрольные события проекта

проведение исследований, разработка 1 прототипа (механика электроника), разработка программы, разработка 2 прототипа с программой, отчет в виде диссера

Определим ключевые события проекта, а также их даты и результаты (таблица 17).

Таблица 17. Контрольные события проекта.

№	Контрольное событие	Дата	Результат (документ)
1	Проведение маркетинговых исследований	20.02.18	Отчет по исследованиям
2	Первый прототип, состоящий из механических частей и электроники	15.03.18	Отчет по проекту
3	Программа распознавания точек и построения карты местности	12.04.18	Документ с программой и результатами
4	Второй прототип с работающей программой	01.05.18	Отчет по проекту
5	Защита магистерской диссертации	05.06.18	Магистерская диссертация

8. 3. 3. План проекта

В рамках данной части работы нужно построить календарный и сетевой график проекта. Линейный график представлен в виде таблицы (таблица 18).

Таблица 18. Календарный план проекта.

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Постановка целей, задач, результатов исследования	10	01.02.18	10.02.18	Руководитель, студент
2	Анализ рынков, маркетинговые исследования	10	10.02.18	20.02.18	Руководитель, студент
3	Подготовка документов	9	20.02.18	01.03.18	Руководитель, студент
4	Требования по ПО	10	01.03.18	10.03.18	Студент
5	Требования по конструкции	10	01.03.18	10.03.18	Студент
6	Требования по режимам работы	10	01.03.18	10.03.18	Студент
7	Создание 3D-модели	5	10.03.18	15.03.18	Студент
8	Создание натурной модели	10	15.03.18	25.03.18	Студент
9	Проведение испытания модели	7	25.03.18	01.04.18	Руководитель, студент
10	Разработка электрических узлов	15	01.04.18	15.04.18	Студент
11	Разработка корпусных деталей	5	15.04.18	20.04.18	Студент
12	Изготовление и закупка деталей	11	20.04.18	01.05.18	Студент
13	Программы в компьютере	11	20.04.18	01.05.18	Студент
14	Общая сборка	5	01.05.18	06.05.18	Студент
15	Тестирование прототипа	14	06.05.18	20.05.18	Руководитель, студент
Итого		142			

Составим план-график работ (диаграмма Ганта). Он приведен на рисунке 28.

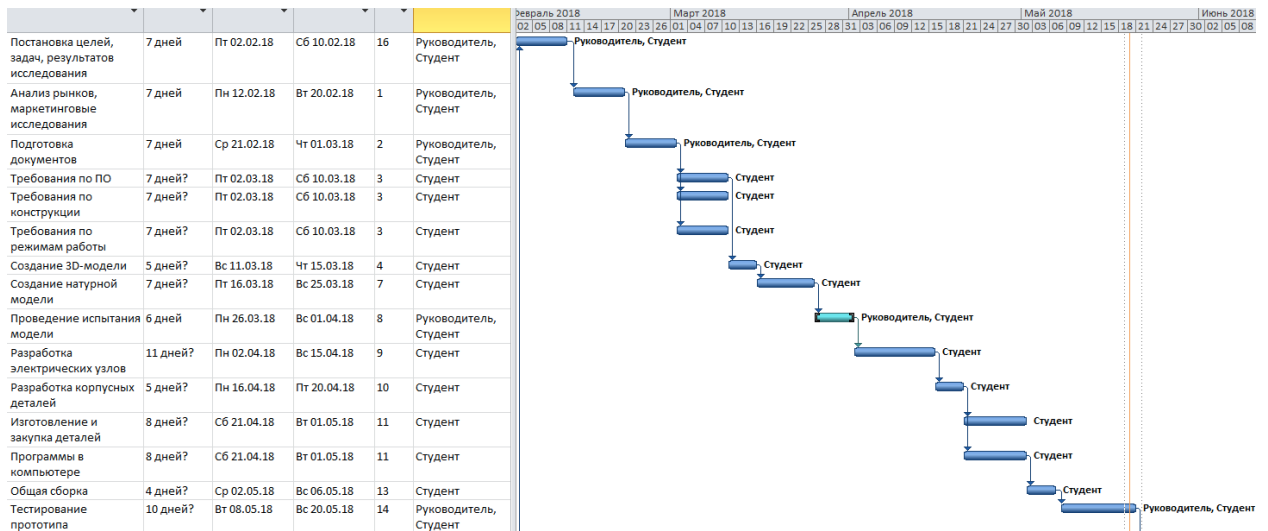


Рисунок 28 – Диаграмма Ганта

Сетевой график изображен на рисунках 29-31.

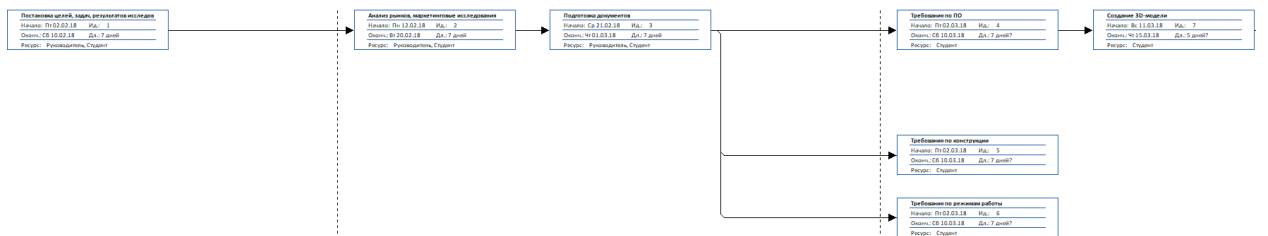


Рисунок 29 – Сетевой график (часть 1)

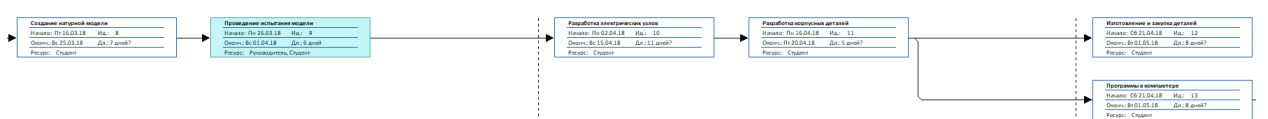


Рисунок 30 – Сетевой график (часть 2)

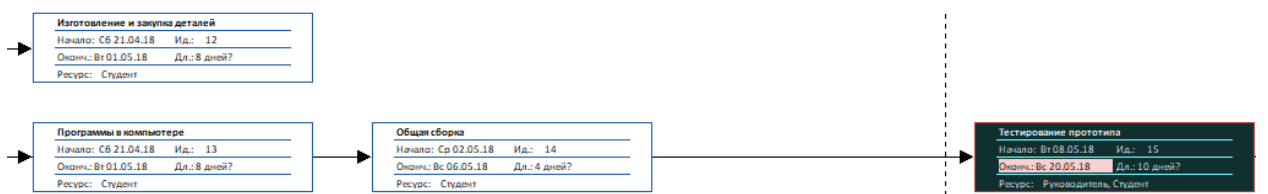


Рисунок 31 – Сетевой график (часть 3)

Приведем параметры сетевого графика в таблице 19.

Таблица 19. Параметры сетевого графика.

Название работы	№	$T_{\text{кал}}$	$t_{\text{рн}}$	$t_{\text{ро}}$	$t_{\text{пн}}$	$t_{\text{по}}$	$R_{\text{н}}$	$R_{\text{с}}$
Постановка целей, задач, результатов исследования	1	10	0	10	0	10	0	0
Анализ рынков, маркетинговые исследования	2	10	10	20	10	20	0	0
Подготовка документов	3	9	20	29	20	29	0	0
Требования по ПО	4	10	29	39	29	39	0	0
Требования по конструкции	5	10	29	39	29	39	0	0
Требования по режимам работы	6	10	29	39	29	39	0	0
Создание 3D-модели	7	5	39	44	39	44	0	0
Создание натурной модели	8	10	44	54	44	54	0	0
Проведение испытания модели	9	7	54	61	54	61	0	0
Разработка электрических узлов	10	15	61	76	61	76	0	0
Разработка корпусных деталей	11	5	76	81	76	81	0	0
Изготовление и закупка деталей	12	11	81	92	81	92	0	0
Программы в компьютере	13	11	81	92	81	92	0	0
Общая сборка	14	5	92	97	92	97	0	0
Тестирование прототипа	15	14	97	111	97	111	0	0
Резерв времени полного пути $R(L_{\text{п}}) - 0$								
Критический путь $T_{\text{кр}} - 111$								

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ЕМ61	ФИО Тептюк Алене Дмитриевне
-----------------	--------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования: разработка прототипа робота для построения 3D-карты местности.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Профессиональная социальная безопасность.</p> <p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.</p> <p>1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.</p> <p>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>	<p><i>К вредным и опасным факторам, которые могут возникнуть при проведении исследований, относятся следующие:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень шума на рабочем месте; - нервно-психические перегрузки; - повышенный уровень электромагнитных излучений; - перенапряжение зрительных анализаторов; - отклонение показателей микроклимата; - электробезопасность.
<p>2. Экологическая безопасность.</p> <p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.</p> <p>2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>	<p><i>Робот-картограф оказывает воздействие на окружающую среду электромагнитным излучением, но наиболее опасны его отходы, поэтому необходимо его утилизировать по принципу утилизации компьютерной техники.</i></p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</p> <p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>	<p><i>ЧС, связанные с роботом-картографом, можно отнести к техносоциальным, техногенным и социотехногенным. В случае возникновения ЧС необходимо знать меры по их предотвращению и порядок действий в случае ЧС.</i></p>

<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p> <p>4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p><i>Рабочая зона должна быть оборудована одноместными столами и персональными электронными вычислительными машинами (ПЭВМ) в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Помещения должны быть оборудованы одноместными столами, предназначенными для работы с ПЭВМ.</i></p>
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Бородин Ю. В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Тептюк Алена Дмитриевна		

Введение

В данной научно-исследовательской работе осуществляется разработка прототипа робота для построения 3D карты местности.

Принцип работы данного устройства заключается в том, что робота запускают в помещении, карту которого необходимо получить. Затем оператор при помощи пульта управления контролирует перемещение и фиксацию точек, важных при работе с картой в дальнейшем. Полученная карта может быть использована другими устройствами для ориентации в пространстве.

Данная система будет включать в себя одноплатный компьютер Raspberry Pi, где будут находиться управляющие программы, гусеничная платформа для передвижения, датчики для ориентации в пространстве, стереозрение на базе камер для построения карты, аккумуляторные батареи для питания конструкции.

Данная система разработана для использования в различных отраслях промышленности, где есть устройства, которым необходима ориентация, например, шахты, для служб таких как МЧС.

Рабочим местом является лаборатория с компьютером, где будет работать оператор.

В данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо проанализировать все вредные и опасные факторы на рабочем месте в соответствии с действующими нормативными документами.

9. 1. Профессиональная социальная безопасность

Таблица 20. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015[22])		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
		е	

<p>Проектировочные работы:</p> <p>1) составление и утверждение технического задания;</p> <p>2) выбор тематики исследования;</p> <p>3) теоретические исследования модели;</p> <p>4) подбор компонентов;</p> <p>5) сборка модели;</p> <p>6) экспериментальные исследования модели;</p> <p>7) обобщение и оценка результатов;</p> <p>8) разработка технической документации и проектирование;</p> <p>9) оформление отчета по научно-исследовательской работе</p>	<p>1) недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>2) повышенный уровень шума на рабочем месте;</p> <p>3) нервно-психические перегрузки;</p> <p>4) повышенный уровень электромагнитных излучений;</p> <p>5) перенапряжение зрительных анализаторов;</p> <p>6) отклонение показателей микроклимата</p>	<p>1) электробезопасность.</p>	<p>1. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»[23]</p> <p>2. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности[24]</p> <p>3. Статья 108 ТК РФ «Перерывы для отдыха и питания»[4]</p> <p>4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)»[26]</p> <p>5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [27]</p> <p>6. СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»[28]</p> <p>7. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность» [29]</p> <p>8. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [30]</p>
---	--	--------------------------------	---

9. 1. 1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

К вредным факторам, которые может создать объект исследования, относятся:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень электромагнитных излучений.

К опасным факторам, которые может создать объект исследования, относятся:

- электробезопасность;
- пожаровзрывобезопасность.

9. 1. 1. 1. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Повышенный уровень шума характерен не только для промышленных предприятий, но и для бытовых приборов. Шумовой фон в современных городах сопоставим с допустимым максимумом.

Интенсивность шума – главная характеристика. Она тождественна громкости и измеряется в децибелах (дБ).

Выделяют следующие разновидности интенсивности:

- Нормальный уровень шума: до 50-55 дБ. Соответствует разговору умеренной громкости, низкому фоновому шуму работающих механизмов.

- Повышенный уровень шума: 55-70 дБ. Соответствует навязчивому шуму автомобилей, заметному шуму работающих механизмов.

- Вредный уровень шума: 70-95 дБ. Соответствует громкой музыке, непрерывному шуму автомобилей рядом с шоссе, шуму работающего заводского цеха.

- Опасный уровень шума: более 95 дБ. Чтобы представить эту интенсивность шума, можно вспомнить звук отбойного молотка или штамповочного станка.

- При 120 дБ человек получает акустическую травму. Такая громкость соответствует звуку реактивного двигателя вблизи, взрыву, выстрелу рядом с ухом и т.д.[31]

Таким образом, при уровне шума более 70-80 дБ здоровью наносится вред, но задуматься о защите следует уже при громкости 60-70 дБ.

Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм и приводит к неблагоприятным изменениям в его органах и системах. Длительное воздействие шума способно привести к потере слуха,

болезням сердечно-сосудистой системы, артериальной гипертензии, нарушениям в работе нервной системы и т.д.

9. 1. 1. 2. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитное излучение представляет собой вид энергии, состоящий из электромагнитных волн, возбуждаемых различными излучающими объектами, такими как атомы, молекулы, заряженные частицы. Электромагнитные волны создаются за счет электрических и магнитных вибраций, возникающих в атомах. Скорость распространения волн через различные виды материалов отличается. Примерами излучения являются радиоволны, инфракрасные, ультрафиолетовые лучи, свет [32].

Источником электромагнитного излучения в лаборатории является робот для построения карты местности, а именно его собственный компьютер с Wi-Fi модулем.

Энергетической причиной нарушения здоровья людей в зонах с повышенной интенсивностью электромагнитных излучений является устойчивое изменение характеристик биополей человека под воздействием различных излучений. От такого воздействия органы человека изменяют свои параметры функционирования.

Механизмы здорового организма способны устранить образовавшиеся изменения энергетических полей или молекулярной структуры организма после выхода из зоны излучения. Но при длительном пребывании в помещениях с повышенным уровнем излучений такие изменения накапливаются, приобретая болезненный характер.

Предельно допустимые нормы (ПДУ) воздействия ЭМИ РЧ на человека в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 приведены в таблице №21.

Таблица 21. ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот 30 кГц - 300 ГГц в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 [25]

Параметр	ЭЭ _{ПДУ} в диапазонах частот, МГц				
	0,03-3,0	3,0-30,0	30,0-50,0	50,0-300,0	300,0-300000,0
ЭЭ _Е , (В/м) ·ч	20000	7000	800	800	-
ЭЭ _Е , (А/м) ·ч	200	-	0,72	-	-
ЭЭ _{ППЭ} , (мкВт/см ²) ·ч	-	-	-	-	200

9. 1. 1. 3. Электробезопасность

Опасность поражения электрическим током есть всегда при использовании электрического оборудования. Для того, чтобы исключить электрическое поражение нужно исключить причины, к которым относят:

- появление напряжения на частях оборудования из-за повреждения изоляции;
- прикосновения к незащищенным участкам работа;
- возникновение напряжения на опорной поверхности или земле;
- большое количество фильтров и удлинителей[29].

9. 1. 2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований

К вредным и опасным факторам, которые могут возникнуть при проведении исследований, относятся следующие:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- нервно-психические перегрузки;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- перенапряжение зрительных анализаторов;
- отклонение показателей микроклимата;

- электробезопасность.

9. 1. 2. 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на зрительный аппарат, а именно формирует зрительную работоспособность человека, также влияет на эмоциональное состояние, психику, вызывает усталость нервной системы, которая возникает из-за усилий, расходуемых на опознание сигналов и контуров различных предметов.

Рабочим местом является компьютерный класс, где проводятся исследования, поэтому разрядом рассматриваемой зрительной работы будет А-2 в соответствии со СНиП 23-05-95.

Требования к освещению для таких помещений приведены в таблице ниже.

Таблица 22. Требования к освещению в соответствии со СНиП 23-05-95[26]

Характеристика зрительной работы		очень высокой точности	
Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм		от 0,15 до 0,30	
Разряд зрительной работы		А	
Подразряд зрительной работы		2	
Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %		менее 70	
Искусственное освещение	освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	400	
	цилиндрическая освещенность, лк	100	
	показатель дискомфорта M	40 15	
	коэффициент пульсации освещенности K_n , %	10	
Естественное освещение	КЕО e_n , %, при	верхнем или комбинированном	3,5
		боковом	1,2

9. 1. 2. 2. Нервно-психические перегрузки

Среди причин, ведущих к тяжелым заболеваниям, нужно указать на нервные перегрузки, отрицательные психологические раздражители.

Перегрузки возникают при неравномерном распределении времени при работе и отдыхе. Это приводит к утомлению, что является реакцией организма на физические и нервно-психические перегрузки. Вследствие накопления усталости постепенно развивается переутомление, что относится к состоянию предболезни. Если не принять мер по снижению нагрузок, то последствия выразятся в развитии профессионального или производственно обусловленного заболевания в связи со снижением сопротивляемости организма.

9. 1. 2. 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

На данном этапе работ опасность представляет персональный компьютер с монитором.

Электромагнитное излучение персонального компьютера является опасным ввиду ряда причин[33]:

- У ПК есть 2 источника излучения: системный блок и монитор компьютера.

- Оператор компьютера чаще всего находится на небезопасном расстоянии от ПК.

- В настоящее время люди подвергаются длительному влиянию ПК при норме в 6 часов день по официальным нормам.

Также существуют обстоятельства, которые ухудшают ситуацию, например, большое количество компьютеров в одном помещении, недостаточную вентиляцию воздуха.

Нормы напряженности электромагнитного поля согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 приведены в таблице 23.

Таблица 23. Нормы напряженности поля в радиусе 50 см от монитора по электрической составляющей в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[27]

Наименование параметров		Допустимые значения
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал		500

9. 1. 2. 4. Перенапряжение зрительных анализаторов

При работе за ПК оператор читает текст в прямом свете, его глаза смотрят на источник света.

При работе за дисплеем возникает следующая проблема: экран имеет высокую фоновую яркость, при ее понижении уменьшается контрастность изображения, что создает проблему для считывания информации. Поэтому пользователю приходится повышать яркость, что приводит к увеличению интенсивности вредных излучений и к утомлению глаз.

В настоящее время при работе за ПК визуальные параметры мониторов оказывают большую нагрузку на зрительные анализаторы, а именно на мышцы глаз. В результате чего мозгу сложно идентифицировать изображение. В связи с этим параметры безопасности компьютерной техники указаны в соответствующих нормативных документах.

После длительной нагрузки необходим период восстановления и отдыха. Если полного восстановления возможностей зрительного аппарата не происходит, то в детском и юношеском возрасте зрительная усталость приводит к нарушениям в аккомодационном механизме глаза, а в дальнейшем – к близорукости. В зрелом возрасте создаются предпосылки к развитию хронических глазных заболеваний[34].

9. 1. 2. 5. Отклонение показателей микроклимата

К числу показателей микроклимата, которые измеряют для его оценки, относятся следующие:

- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- температура поверхностей;
- температура воздуха;
- интенсивность теплового облучения[35].

При оценке показателей учитывается время года (холодный период года или теплый), во время которого проводится работа. Также важна интенсивность работы.

Показатели микроклимата приведены в таблицах 24 и 25.

Таблица 24. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [28]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1

Таблица 25. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [28]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	20-25	19-26	15-75	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21-28	20-29	15-75	0,1

Работа оператора ПК относится к категории Ia, поскольку работа связана с минимальными физическими нагрузками. Также нужно учитывать нормы подачи свежего воздуха в помещении с ПК (таблица 26).

Таблица 26. Нормы подачи свежего воздуха в помещении с ПК [36]

Объем помещения, м ³	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
До 20	Не менее 30
20-40	Не менее 20
Более 40	Естественная вентиляция

9. 1. 3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Чтобы обезопасить разработчика от воздействия вредных факторов, необходимо придерживаться определенных правил. Рассмотрим их.

9. 1. 3. 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

В данном разделе необходимо рассмотреть, какие меры необходимо предпринять, чтобы уменьшить вред, причиняемый отсутствием или недостатком естественного освещения.

При недостатке на рабочем месте естественного освещения и оценке естественного освещения классом 3.1 можно выполнить следующие мероприятия:

- сделать ремонт для создания более светлого помещения и изменить после этого параметры КЕО;
- передвинуть рабочие места из зон с недостаточным естественным освещением в зоны с достаточным освещением, если таковые имеются;
- обеспечить снос зеленых насаждений в случае, если нехватка естественного освещения связана с ними;
- проанализировать, насколько окна загрязнены, ликвидировать загрязнения и измерить показатели КЕО;
- обеспечить лучшие условия при помощи искусственного освещения;
- обеспечить защиту временем, то есть обеспечивать перерывы в работе[37].

Решение о проведении каких-либо мероприятий принимается после оценки ситуации, затем эти меры вносятся в план работ.

9. 1. 3. 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Исследования на рабочих местах показывают, что, если проводить мероприятия по ограничению уровня шума на рабочих местах, сотрудники меньше устают, реже становятся раздражёнными, лучше спят ночью, у них реже развиваются болезни, вызванные усталостью.

Для того, чтобы защитить работников от шума, нужно использовать индивидуальные средства защиты — противозумные наушники или вкладыши (ГОСТ 15762—70). Для защиты от высокочастотного шума эффективны наушники ВЦНИИОТ-2, наушники ПН-2К, также вкладыши «Беруши»[38].

Ухудшение слуха из-за регулярного воздействия шума необратимо. Поэтому очень важно не допускать вреда здоровью и также регулярно проходить медицинский осмотр. Определить уровень шума можно с помощью специального прибора. Есть и менее точный, зато более простой способ: если человек не можете услышать другого, который не кричит и находится в двух метрах от него, то уровень шума угрожающий.

Если на работника влияет шум более 75 дБ, то нужно носить противозумные наушники либо беруши (они убирают до 25 дБ) или хотя бы иногда уходить от шума. Зачастую даже 10-минутный перерыв поможет восстановлению. Однако после 2 часов, проведенных при 100 дБ, нужен 16-часовой отдых. Если громкий звук вызывает боль, необходимо немедленно уйти от источника[39].

9. 1. 3. 3. Нервно-психические перегрузки

Решением данной проблемы является предоставление перерыва для отдыха и питания в течение рабочего процесса, которые длятся не более двух часов и не менее 30 минут. Продолжительность перерыва и время его предоставления прописаны в статье 108 ТК РФ[25].

9. 1. 3. 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Защита от воздействия статического электричества

Необходимо заземление металлических электропроводных элементов оборудования, установка нейтрализаторов статического электричества (индукционных, высоковольтных, жидких и др.), увеличения поверхностей и объемной проводимости диэлектриков, что приводит к уменьшению генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала. Этот метод считается одним из распространенных средств защиты от статического электричества[40].

Для эффективной защиты также нужно обеспечить увеличение относительной влажности воздуха до 65-75 %, когда это возможно по условиям технологического процесса.

Антистатическую обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты применяют обычно в качестве индивидуальной защиты.

Защита от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты

Для защиты людей от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты предусматриваются санитарно-защитные зоны. Необходимо обеспечить удаление линии электропередач не менее чем на 250-

300 метров от границы населенного пункта при проектировании воздушных линий электропередачи напряжением 750-1110 кВ[40].

Съемные экраны и стационарные экраны, являющиеся заземленными металлическими конструкциями (системы тросов, козырьки, щитки, навесы) являются средствами коллективной защиты для обслуживающего персонала.

В качестве средств индивидуальной защиты от электромагнитных полей промышленной частоты служат индивидуальные экранирующие комплекты.

9. 1. 3. 5. Перенапряжение зрительных анализаторов

Чтобы уменьшить перенапряжения зрительных анализаторов, необходимо придерживаться правил работы за компьютером[41]:

- Необходимо обеспечить себе равномерное и достаточное освещение в помещении.

- Дополнительные источники освещения должны быть направлены не на монитор и не в глаза.

- Правильное расположение клавиатуры – 65-70 см от пола.

- Необходимо расположить монитор на 15-20 см ниже горизонтальной линии зрения.

- Расстояние от глаз до монитора не менее 50 и не более 70 см.

- При работе стопы должны твердо стоять на полу, а коленные - согнуты под углом около 90 градусов.

- Угол между сиденьем и креслом должен быть 95-100 градусов.

Периодически необходимо расслаблять аккомодационные мышцы, настраивая глаз на дальнюю точку лучшего видения. Во время рабочего дня за компьютером следует каждые 20 минут делать 20 секундные перерывы и смотреть вдаль на расстоянии 6 метров[41].

Для профилактики компьютерного зрительного синдрома (КЗС) лицам, работающим с компьютером 6-8 часов в день, необходимо проводить курс терапевтических гигиенических процедур каждый день. Он включает

очищение краев век и самомассаж век с помощью блефарогеля и теплых компрессов с блефаролосьоном[41].

9. 1. 3. 6. Отклонение показателей микроклимата

Для обеспечения необходимых параметров микроклимата помещение нужно оснастить системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

9. 1. 3. 7. Электробезопасность

Лабораторию, где проводятся исследования, в соответствии с классификацией помещений по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 группе «Помещение без повышенной опасности».

Согласно требованиям «Правил устройства электроустановок»[42], помещение должно быть оборудовано следующим образом:

- на распределительном щитке должен находиться рубильник, чтобы отключить всю сеть электропитания;
- во всех приборах должны быть предохранители для защиты от перегрузок в общей сети питания.

Согласно «Правилам эксплуатации электроустановок потребителей»[43] необходимо проведение следующих мероприятий:

- запретить использование неисправных приборов;
- необходимо наличие изоляции на всех токоведущих проводниках;
- при проведении работ с включенными приборами соблюдать технику безопасности;
- для подключения приборов должны быть использованы только стандартные электрические разъемы
- применение заземления, зануления или устройства защитного отключения (УЗО).

9. 1. 3. 8. Пожаровзрывобезопасность

В соответствии с СП 12.13130.2009 (Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной

опасности) лабораторию, где проводятся исследования, можно отнести к категории Д (пониженная пожароопасность).

Пожарная безопасность и взрывобезопасность оборудования достигается следующими способами:

- исключением образования внутри аппаратов и оборудования горючей среды;
- применением режимов эксплуатации оборудования;
- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;
- применением средств пожаротушения и взрывоподавления;
- обеспечением проезда к зданию[44].

Нужно соблюдать противопожарные правила, нормы при установке электропроводов, оборудования, освещения и т.д. Также необходимо правильно эксплуатировать оборудование, проводить противопожарный инструктаж, обучать людей правилам пожарной безопасности, обеспечить наличие плана эвакуации и инструкций.

В соответствии с постановлением правительства от 25 апреля 2012 г. №390 «О противопожарном режиме» помещение также должно быть оснащено средствами первичного пожаротушения. Поскольку в лаборатории расположены компьютеры и мелкая электроника, то ее следует оснастить углекислотными огнетушителями.

9. 2. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность представляет собой состояние защищенности биосферы и человеческого общества, а на государственном уровне – государства от угроз, возникающих в результате антропогенных и природных воздействий на ОС. Также данное понятие включает в себя систему регулирования и управления, которая позволяет прогнозировать, не допускать и ликвидировать развитие чрезвычайных ситуаций [46].

9. 2. 1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Технологические процессы всегда сопровождаются образованием различного вида отходов, после чего те поступают в окружающую среду.

Объектом исследования является робот-картограф. Фактором, влияющим на окружающую среду, в настоящий момент можно выделить воздействие электромагнитных излучений. Но уровень воздействия меньше, чем, например, у стационарного ПК, потому что у робота на борту одноплатный компьютер, поэтому можно говорить о том, что робот не оказывает значительного влияния на окружающую среду и оператора, ведь ему нет необходимости находиться постоянно рядом с ним.

9. 2. 2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования

Робот-картограф, как и любое устройство такого рода, проходит следующий «жизненный цикл»: разработка, эксплуатация, утилизация. Как было выше отмечено, в процессе эксплуатации не происходит значительного воздействия на окружающую среду в отличие от последнего этапа. Необходимо утилизировать компоненты правильно, чтобы избежать загрязнений.

Процесс утилизации робота будет аналогичен процессу утилизации компьютерной техники.

Изначально необходимо составить акт списания. Если техника не подлежит ремонту и эксплуатации, это подтвердит технический осмотр и выведенное на основании его результатов экспертное заключение.

Затем техника будет разобрана на мелкие компоненты. После происходит переработка. Она производится для того, чтобы полученные в ходе нее чермет и цветмет снова стали сырьем, как и пластик, прошедший перед этим сортировку по видам и по цветам. Утилизация вычислительной техники также имеет еще 1 особенность – в составе такой техники находится много драгоценных металлов. Поэтому по закону утилизацией оргтехники

должна осуществляться компанией, имеющей сертификат Пробирной Палаты[46].

9. 2. 3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Утилизация электронного оборудования нужна, чтобы уберечь окружающую среду от загрязнений. Только таким образом можно избавиться от постоянно растущих свалок техники. А она может содержать такие материалы, как пластик и кремний, которые трудно поддаются процессу разложения. Некоторые элементы техники, в частности аккумуляторы, содержат опасные химические соединения. В связи с этим необходимо знать, что утилизация оборудования – это обязательная процедура. Также нужно помнить, что за загрязнение окружающей среды полагаются штрафы. Они регламентируются федеральным законом об охране окружающей среды №7-ФЗ[47].

9. 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) представляет собой состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории (акватории) нарушаются нормальные условия жизнедеятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде[48].

Одна из классификаций ЧС приведена в таблице ниже.

Таблица 27. Классификация ЧС в зависимости от источников их возникновения и поражаемых объектов[27]

Источник	Объект (реципиент)		
	Природный	Социальный	Техногенный
Природный	Природные	Природно-социальные	Прородно-техногенные
Техногенный	Техноприродные	Техносоциальные	Техногенные
Социальный	Социоприродные	Социальные	Социотехногенные

9.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Поскольку робот способен на данный момент строить карту только помещений, то природных ЧС не произойдет. Поэтому в соответствии с классификацией (таблица 27) объект исследований может инициировать следующие виды чрезвычайных ситуаций.

В процессе эксплуатации робота могут возникать аварии, которые приведут к воспламенению. Это может нанести вред как зданию, где находится оборудование и имущество, так и человеку, который будет находиться в этом здании. Поэтому данный фактор можно отнести и к техносциальным, и к техногенным ЧС.

1. Техносциальные ЧС – это ЧС, источником возникновения которой служат техногенные причины, которые наносят ущерб социальной системе[48].

2. Техногенные ЧС – это ЧС, источником возникновения которых служит техногенное явление, которое наносит вред техногенному объекту[48].

9.3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта

В процессе исследований также можно исключить природные ЧС, так как исследования проводятся в лабораторных условиях, то есть в помещении. Возможные аварии являются могут быть не только связаны со скачком напряжения, например, но и с ошибкой при проектировании. Тогда ЧС будет социотехногенной, потому что причиной ЧС будет человек, а пострадает помещение, оборудование и т.д.

Социотехногенными ЧС являются такие ЧС, причиной которых служит человек, его поведение, что оказывает воздействие на различные техногенные объекты [48].

9. 3. 3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций нужно заблаговременно проводить мероприятия по их предупреждению. Эти мероприятия ведут к снижению возможности для возникновения ЧС и их масштабов. Эти мероприятия базируются на:

- прогнозировании угроз, опасности возникновения ЧС различного характера, в частности природного и техногенного, и возможных последствий воздействия на людей, материальные объекты и окружающую среду;
- мониторинге потенциально опасных объектов, окружающей среды, диагностике состояния сооружений и зданий [49].

Предварительные меры по уменьшению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций делятся на такие направления:

- снижение разрастания опасных явлений до ЧС;
- снижение возможной частоты событий, которые могут стать ЧС.

Снижение частоты событий, инициирующих ЧС, необходимо предпринять следующие действия:

- бороться с терроризмом и преступностью;
- проводить профилактические работы по возникновению аварий (техническое обслуживание, планово-предупредительные ремонты, диагностика оборудования);
- осуществлять предупреждение опасных природных явлений;
- разбивать территории на районы, чтобы определить оптимальное расположение объектов, в том числе и потенциально опасных.

Также необходимо предпринять меры по снижению возможностей для того, чтобы опасное явление стало чрезвычайной ситуаций, такие как:

- обеспечить эффективность систем безопасности;
- обеспечить физическую устойчивость сооружений и зданий;
- уменьшить уровень уязвимостей объектов к воздействию негативных факторов опасных явлений природного и техногенного рода;

- обеспечить снижение уровня нагрузок и защищенности объектов;
- обеспечить защиту от экстремальных социальных явлений путем проведения инструктажей для персонала;
- создать инженерную защиту от опасных явлений [50].

9. 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федеральных законов, различных нормативных правовых актов субъектов РФ. К ним относится федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др. [51]

9. 4. 1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Охрана труда является системой создания условия для безопасности жизни и здоровья сотрудников учреждений. Она включает в себя реабилитационные, лечебно-профилактические, правовые, санитарно-гигиенические, организационно-технические, социально-экономические, а также другие мероприятия.

Законодательство РФ об охране представляет собой ряд норм Конституции РФ, основ законодательства РФ об охране труда, а также законодательных и других нормативных актов.

К основным направления политики в сфере охраны труда относят:

- защиту интересов работников, пострадавших из-за несчастных случаев на рабочем месте и другие;
- установление нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности;

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников перед интересами предприятий [51].

Все работники имеют право на охрану труда, куда входит:

- защищенное рабочее место от вредных или опасных факторов;
- возмещение вреда, причиненного повреждением здоровья на рабочем месте;
- обучение безопасности на производстве за счет работодателя и др.[51]

9. 4. 2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочая зона должна быть оборудована одноместными столами и персональными электронными вычислительными машинами (ПЭВМ) в соответствии с [27]. Помещения должны быть оборудованы одноместными столами, предназначенными для работы с ПЭВМ.

Ниже приведены требования к организации рабочих мест операторов ПЭВМ:

1. Поверхность сиденья должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

2. Конструкция стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц спины и шейно-плечевой области для предупреждения развития утомления.

3. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

4. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм.

5. Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, которая требует высокой концентрации внимания или значительного умственного

напряжения, следует изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0м.

6. Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

7. При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковы

Заключение

В рамках данной магистерской диссертации был разработан робот-картограф. Он способен работать в помещениях с небольшими неровностями пола, которые он может преодолевать при помощи гусеничной платформы. Также он может создавать и передавать облако точек и преобразовать их в объемную карту местности, которая может быть использована другими роботами.

Робот-картограф может быть использован в сферах, где работает множество роботов. Преимущество использования такого устройства заключается в том, что нет необходимости оснащать системой осязания других роботов, что позволяет экономить.

В дальнейшем будут вестись работы в следующих направлениях:

- опробовать другие методы для построения карты местности, чтобы найти метод, дающий наилучшую точность в полевых условиях;
- модернизировать платформу и алгоритмы передвижения, чтобы вывести робота на пересеченную местность;
- разработать более прочные корпусные детали для герметизации, чтобы никакие вредные факторы не смогли оказать действия на электронику.

Планируется опробовать данного робота-картографа в области ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций совместно с другими роботами.

Список литературы

1. Катографирование: электронный ресурс (свободный доступ): https://human_ecology.academic.ru/1543/Картографирование
2. Перспективы развития картографии: электронный ресурс (свободный доступ): <http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000060/st132.shtml>
3. Роботизированное картографирование: электронный ресурс (свободный доступ): https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_mapping
4. Катографический метод исследования: электронный ресурс (свободный доступ): <http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000060/st096.shtml>
5. Что такое компьютерное зрение: электронный ресурс (свободный доступ): <https://rb.ru/story/chto-takoe-mashinnoe-zrenie/>
6. Компьютерное зрение: электронный ресурс (свободный доступ): https://logic.pdmi.ras.ru/csclub/sites/default/files/CS_Club_2011_February_Vision.pdf
7. Инфракрасное излучение: электронный ресурс (свободный доступ): https://ru.wikipedia.org/wiki/Инфракрасное_излучение
8. Стереозрение: электронный ресурс (свободный доступ): <http://robodem.com/stereo>
9. Параллакс: электронный ресурс (свободный доступ): <https://ru.wikipedia.org/wiki/Параллакс>
10. Метод одновременной локализации и построения карты: электронный ресурс (свободный доступ): [https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_\(метод\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/SLAM_(метод))
11. Raspberry Pi: электронный ресурс (свободный доступ): <http://edurobots.ru/raspberry-pi-dlya-nachinayushhix/>
12. Raspberry Pi 3 Model B: электронный ресурс (свободный доступ): <http://amperka.ru/product/raspberry-pi-3-model-b>
13. Платформа Rover 5: электронный ресурс (свободный доступ): <http://dvrobot.ru/240/263/21.html>

14. Моторы TFK280SC-21138-45: электронный ресурс (свободный доступ):

<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Robotics/RP6%20motor%20TFK280SC-21138-45.pdf>

15. Сервомотор FC5106B: электронный ресурс (свободный доступ): <http://amperka.ru/product/servo-fs5106b>

16. Шлем виртуальной реальности Oculus Rift: электронный ресурс (свободный доступ): <https://virtuality.club/store/shlemy-virtualnoy-realnosti-dlya-pk-i-konsoley/komplekt-shlem-oculus-cv1---kontroller-oculus-touch>

17. Геймпад Microsoft CWT-00003: электронный ресурс (свободный доступ): https://www.xcom-shop.ru/microsoft_cwt-00003_611325.html

18. Назоанализатор MQ9: электронный ресурс (свободный доступ): <http://amperka.ru/product/gas-sensor-mq9>

19. Камера RPi: электронный ресурс (свободный доступ): https://onpad.ru/catalog/cubie/raspberrypi/cameras/1991.html?gclid=CjwKCAjwo рТУBRAzEiwAnU4kb1OgKIurj4M6hCGMqTnwYl2QOQ5UyUYv4_pIQatx65oq Nyci6uDGqRoCfWoQAvD_BwE

20. 3D-камера ZED Stereo camera: электронный ресурс (свободный доступ): <https://unitsolutions.ru/3d-kamery/497-3d-kamera-zed-stereo-camera.html>

21. ZEDfu: электронный ресурс (свободный доступ): <https://support.stereolabs.com/hc/en-us/articles/213074149-ZEDfu-Best-Practices>

22. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

23. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»

24. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности

25. Статья 108 ТК РФ «Перерывы для отдыха и питания»

26. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"

27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
28. СанПиН 2.2.4-548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
29. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность»
30. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
31. Вредное воздействие шума. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://zdravo.by/article/5957/vrednoe-proizvodstvo-povyshennyu-uroven'-shuma>
32. Электромагнитное излучение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://vdolgoletie.ru/elektromagnitnoe_izluchenie.php
33. Вредное воздействие компьютера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://gamma7.m-l-m.info/zashhita-ot-elektromagnitnogo-izlucheniya/>
34. Определение допустимой зрительной нагрузки. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.medoptika.ru/menu-articles-vis/187-article-about-vis-5.html>
35. Микроклимат на рабочем месте: как удержать ситуацию под контролем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://www.ippnou.ru/print/003440/>
36. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2786/
37. Мероприятия по улучшению условий труда по фактору световая среда. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://edu.trudcontrol.ru/~3d/item/paxlJuqG>

38. Повышенный уровень шума. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://iitu.ru/04/07/povishennij-uroven-shuma/>

39. Шум, как вредный производственный фактор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://profmedlab.ru/profosmotr/shum-vrednyj-proizvodstvennyj-faktor/>

40. Защита от воздействия электромагнитных полей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://websot.jimdo.com/обучение/учебный-курс/защита-от-воздействия-электромагнитных-полей/>

41. Предупреждение перенапряжения зрительных анализаторов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://www.rmj.ru/articles/oftalmologiya/kompyuternyy-zritelnyy-sindrom-v-praktike-vracha-oftalmologa/>

42. Приказ Минэнерго РФ от 20.06.2003 № 242 «Об утверждении глав Правил устройства электроустановок». [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91517/

43. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2786/

44. Способы обеспечения пожаровзрывобезопасности оборудования и технологических процессов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://fireman.ru/bd/gost/12-1-041/12-1-041-4.htm>

45. Экологическая безопасность. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.bibliotekar.ru/ecologia-5/41.htm>

46. Процесс утилизации оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс:

<http://33.utilizaciya.com/component/content/article/37-2010-06-25-11-04-04/62-2010-07-04-13-11-51/>

47. Утилизация оборудования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://28.utilizaciya.com/component/content/article/37-2010-07-04-09-27-46/51-2010-07-04-09-30-57/>

48. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: https://studme.org/1402041728396/bzhd/bezopasnost_chrezvychaynyh_situatsiyah

49. Мероприятия по предупреждению ЧС и повышению уровня защиты. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: https://studme.org/17800321/bzhd/meropriyatiya_preduprezhdeniyu_povysheniyu_urovnya_zaschity

50. Основные мероприятия по предупреждению и ликвидации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: чрезвычайных ситуаций <http://biofile.ru/bio/10661.html>

51. Правовые нормативные и организационные основы обеспечения безопасности жизнедеятельности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/pravovye-normy-organizacii-bzh.html>

Приложение А
(справочное)

Mapping robot based on stereo camera

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕМ61	Тептюк Алена Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор-консультант	Гончаров В. И.	д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Горбатова Т. Н.			

Literature review

Introduction

The development of autonomous robotics has extended the applicable scope of robots in the past thirty years. Early robots were not given a high level of autonomy, but they were usually controlled by operators. Robots have become to perform much more complicated jobs in moving. One example of the latter is rescue in urban disaster areas. Now robots require a high level of autonomy in order to operate properly, since they usually have to complete multiple tasks. They can understand and explore environments, detecting and avoiding danger, and identifying and retrieving victims. These problems are focused on rescue in urban disasters.

Such robots are often equipped with many sensors. But in this qualification work I suggest to make one robot with cameras and other sensors that will be able to make a map and transfer it to the others. This manipulation will help to save money on equipping other robots with sensing system.

In this literature review we can consider the problems of mapping, the methods how to solve them and analogs of mapping robot.

Robotic mapping

Robotic mapping is a discipline related to cartography. The goal for an autonomous robot is to be able to construct (or use) a map or floor plan and to localize itself in it. Robotic mapping is that branch which deals with the study and application of ability to construct map or floor plan by the autonomous robot and to localize itself in it[1].

The robot has two sources of information: the idiothetic and the allothetic sources. In motion a robot can use dead reckoning methods such as tracking the number of revolutions of its wheels; this corresponds to the idiothetic source and can give the absolute position of the robot, but it is subject to cumulative error which can grow quickly.

The allothetic source corresponds the sensors of the robot, like a camera, a microphone, laser, lidar or sonar. The problem here is "perceptual aliasing". This

means that two different places can be perceived as the same. For example, in a building, it is nearly impossible to determine a location only with the visual information, because all the corridors may look the same.

Map learning cannot be separated from the localization process, and a difficulty arises when errors in localization are incorporated into the map. This problem is commonly referred to as Simultaneous localization and mapping (SLAM)[1].

Simultaneous localization and mapping

Simultaneous localization and mapping (SLAM) is a problem of creating a map of the environment and simultaneously localizing the robot in the map. The solution to the SLAM problem, one of the most widely investigated subfield in robotics, is regarded as a better approach to deal with robot localization than other approaches using the GPS and dead reckoning. This is because the robot solving the SLAM problem keeps track of its current pose and builds the map at the same time, which enables the robot to correct its pose from the map and vice versa. It is therefore obvious that accurate mapping can be achieved only when robot localization is correct, and that the quality of the estimation of the robot pose is also interactively linked to the map accuracy[2].

The next points review ways of representing the environment which other authors uses for mapping.

Occupancy grid map

An occupancy grid map (Figure 1) is one of the most common ways of creating a metric map in robotic mapping. It is an approximate representation of the environment by grid cells with binary random variables. Occupancy mapping can efficiently reconstruct an environment from noisy and uncertain sensor readings in real time. In occupancy grid map, the mapping space is divided into either two-dimensional or three-dimensional grid cells each of which has the probability indicating if it is occupied, open, or not explored. On this space, occupancy mapping needs to predict the posterior probability of the map given the history of the sensor measurements and that of the robot pose, where the robot pose is assumed to be

known. At the initial state, since there is no prior information on the environment, every grid cell over the entire space remains as being unexplored. As the mapping space gets large and the number of grid cells increases, the dimensionality of this problem becomes extremely high. To avoid this computational issue, the problem is separated into small problems that deal only with a single cell without loss of generality[3].

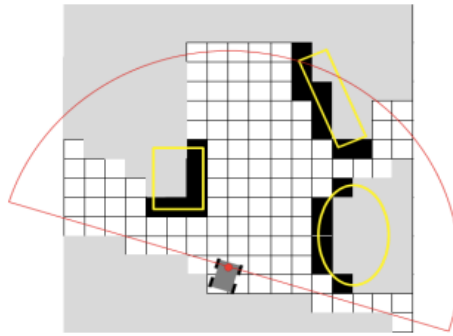


Figure 1. An example of occupancy grid map

One of the major benefits of the occupancy grid representation is that it can be very effectively used for robot navigation including path planning and collision avoidance due to its simple and clear classification in defining the environment. The occupancy grid map has been built by different sensors such as sonar sensors, LRFs, and stereo vision, and created in three-dimensional space. In addition, the occupancy grid representation can make the map have multiple different resolutions even on the same environment.

On the other hand, one of limitations is that computational efficiency significantly drops when there is a need for an accurate mapping. Map does not have a proper representation of uncertainties of the sensor and the vehicle, therefore, the map sometimes leads to divergence in robot localization. The occupancy grid map can be easily built, but at the same time the update is not as easy as the creation of the map. Although occupancy grid mapping has been used in changing environments, it is not generally suitable for such environments[3].

Topological map

Contrary to the occupancy grid map, a topological map shown in Figure 2 does not depend on metric measurements. The map is mainly composed of nodes

and edges which maintain the relationships between nodes. Nodes are abstracted models which are extracted from environmental entities. While the nodes refer to specific locations in the environment, the edges provide information on connections, or paths, between nodes. Since the topological map is a conceptual image with lack of scale, distances and directions describing the map are different from those in real environment. In the topological map, it is assumed that each node has to be somehow recognizable and unique from other nodes so that the robot is able to distinguish it from other nodes. Once the robot gets the location, the identification of the place in the map can be done by associating the observation taken at the location with node descriptions. In order for the location to be recognizable and distinguishable in the map, vision-based techniques as well as laser-based methods are used[4].



Figure 2. An example of topological map

A topological map can be used for localizing the robot. The localization based on the topological map is not regarded as SLAM. On the other hand, it is useful for robot navigation where a series of nodes functions as waypoints that the robot needs to sequentially visit.

Feature-based map

A feature-based map describes the environment by a collection of features which can be different types of geometric models such as points, lines, curvatures, and any arbitrary shapes (Figure 3). Under the assumption that the robot can perfectly recognize features from the environment and their positions are known, the feature map can be efficiently used for the robot localization problem. Given information on all features in the map, the robot can calculate its current pose by

obtaining a set of observations. The SLAM techniques based on the feature map recognizes detectable features in its field of view and associates these features with features in the map. The observed features are added to the map using the pose of the robot which is at the same time estimated from the feature map. Similar to the occupancy grid map, the feature map is also a subdivision of metric maps where features are in the two-dimensional or three-dimensional coordinate system. The feature map manages data representing the environment more efficiently because it only stores features. This advantage over the occupancy grid representation can be more emphasized when the environment is very large, but can be represented by limited number of features[5].

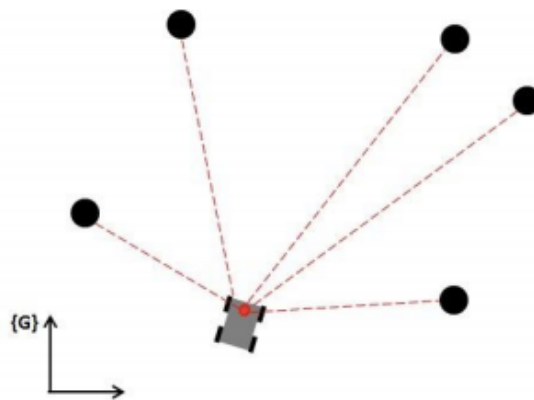


Figure 3. An example of feature-based map

A classical technique for associating features was to use the gated nearest neighbor (NN) algorithms. These approaches compute the distance of a feature of the new observation to every existing feature and select the existing feature of the minimum distance as the corresponding feature. The approaches introduced a breakthrough to the feature-based SLAM, but since each new feature in the NN algorithms corresponds to a single existing feature, incorrect data association might be caused by false features. Other data association techniques include signature string matching, and batch correspondence methods, which handle false features more robustly by adding search algorithms. Since the feature map only considers the extracted data, existing filters such as the extended Kalman filter have been applied to maintain the feature map, which will be detailed in the following section[5].

The feature map does not contain any geometric information on the area that is not represented by features. It cannot be suitable for robot navigation, path planning, and obstacle avoidance. In real environments, if they are not defined by a set of features, the feature map cannot be used for solving the SLAM problem. This issue is related not only to environmental conditions but also to feature extraction techniques.

Even though the environment can be easily described by features, the feature map has a problem in data association. This is more important issue, since successful SLAM is heavily influenced by the successful association of the new observation to the map. The false associations always cause wrong pose estimation of the robot and accordingly the accuracy of the feature map is also degraded. The increase of uncertainties of both robot and the map becomes exponentially large as data association keeps failing[5].

Feature-based data association has been widely used for the SLAM problem and demonstrated its effectiveness in several real environments. However, its capability highly relies on the success of the feature extraction from the observation. Moreover, even if features are well modeled and extracted, associating the exact same features is not an easy process. The chance of inappropriate data association increases when different features in the environment look similar.

Scan-based map

Due to the superiority of the laser sensors in accuracy over other vision sensors, the scan-based map has come to be popular in SLAM. Similar to the occupancy grid map and the feature-based map, the scan-based map is also a metric map, but it is usually composed of a collection of raw scan images each with its own pose of the robot as shown in Figure 4. It can be a specific type of the feature-based map, where the scan images are considered as the features. Unlike the feature-based map, the scan-based map does not require additional feature extraction processes which can improve both computational efficiency and data association accuracy. Since raw scan images are directly used as observations, there is no loss of data, which enables the scan-based map to fully describe the environment regardless of

the existence of features. However, when the environment is large and a lot of scan images are thus required to be stored. This results in the increase of memory consumption and a sacrifice in computational efficiency[6].



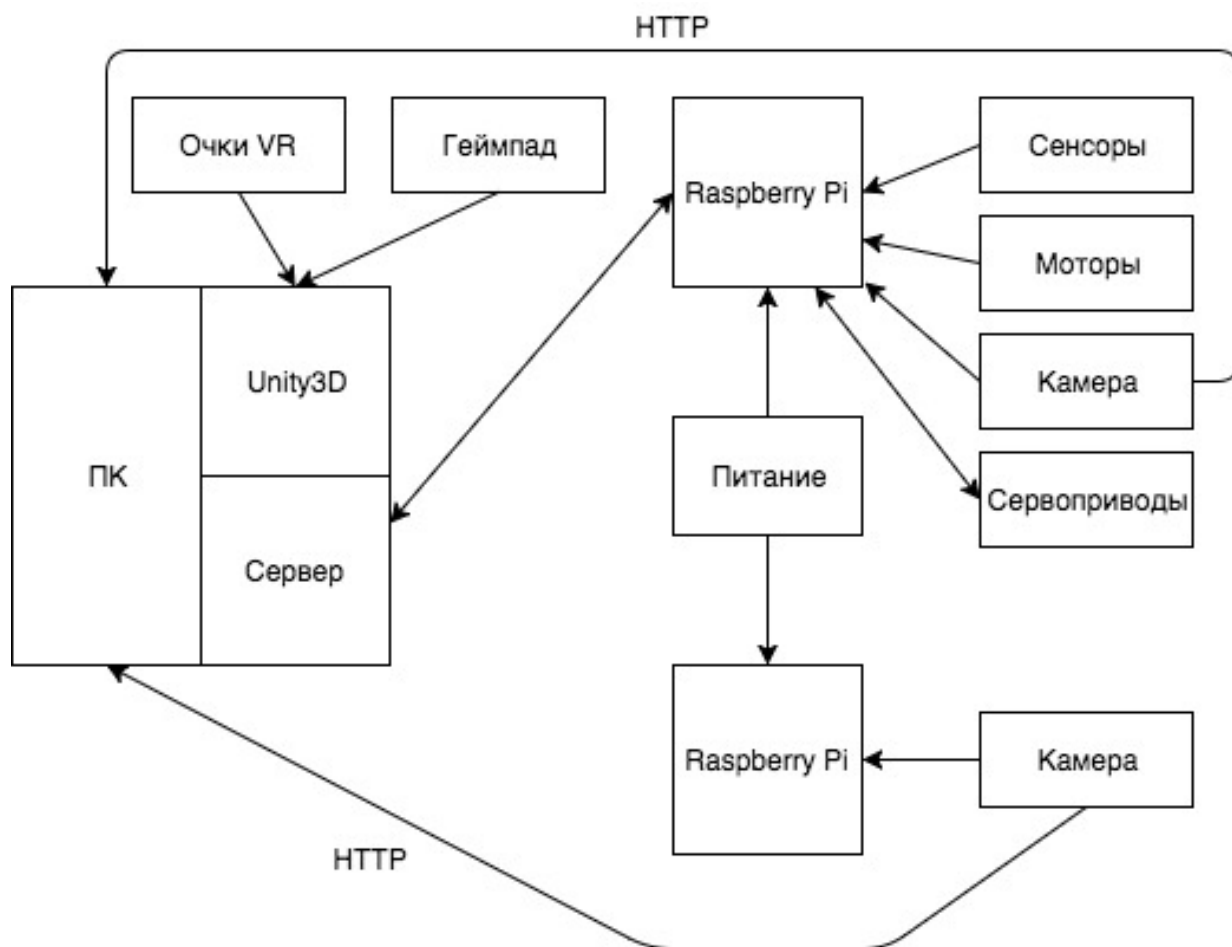
Figure 4. Scan-based map is a collection of raw scan images and corresponding robot poses

In comparison to the feature map, the scan-based map is relatively free from data association problem since there needs no explicit feature model to define. In scan-based SLAM, data association is commonly achieved by a technique called scan matching, or scan-to-scan matching. In order to match the new scan to the past scans using the scan-to-scan matching techniques for achieving SLAM, a number of approaches have been proposed with the development of additional strategies. The matching of the new scan to all the past scans is then achieved by the scan-to-scan matching of the new scan to this best past scan. Although they have demonstrated capabilities in accurate matching, the approaches could still see accuracy issues without a loop closure as they do not either implement a powerful scan-to-scan matching or utilize all the past scans. Due to the need for matching to all the past scans for the best accuracy. This technique achieves the matching of the new scan to all the past scans, but the accuracy could still drop since the new scan points not in the subspace are not matched to the past scans[6].

Reference

1. Robotic mapping. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_mapping
2. Simultaneous localization and mapping. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping
3. Autonomous exploration for search and rescue robots. URL: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SAFE07/SAFE07030FU1.pdf>
4. Autonomous systems for search and rescue. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.477.4307&rep=rep1&type=pdf>
5. Distributed robotic mapping of extreme environments. URL: https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub2/thayer_scott_2000_1/thayer_scott_2000_1.pdf
6. Mapping and exploration for search and rescue with humans and mobile robots.
URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/f142/1b3c57f0323bfce5102fd8beae1ee3c510f1.pdf>

Приложение Б. Структурная схема системы



Приложение В.

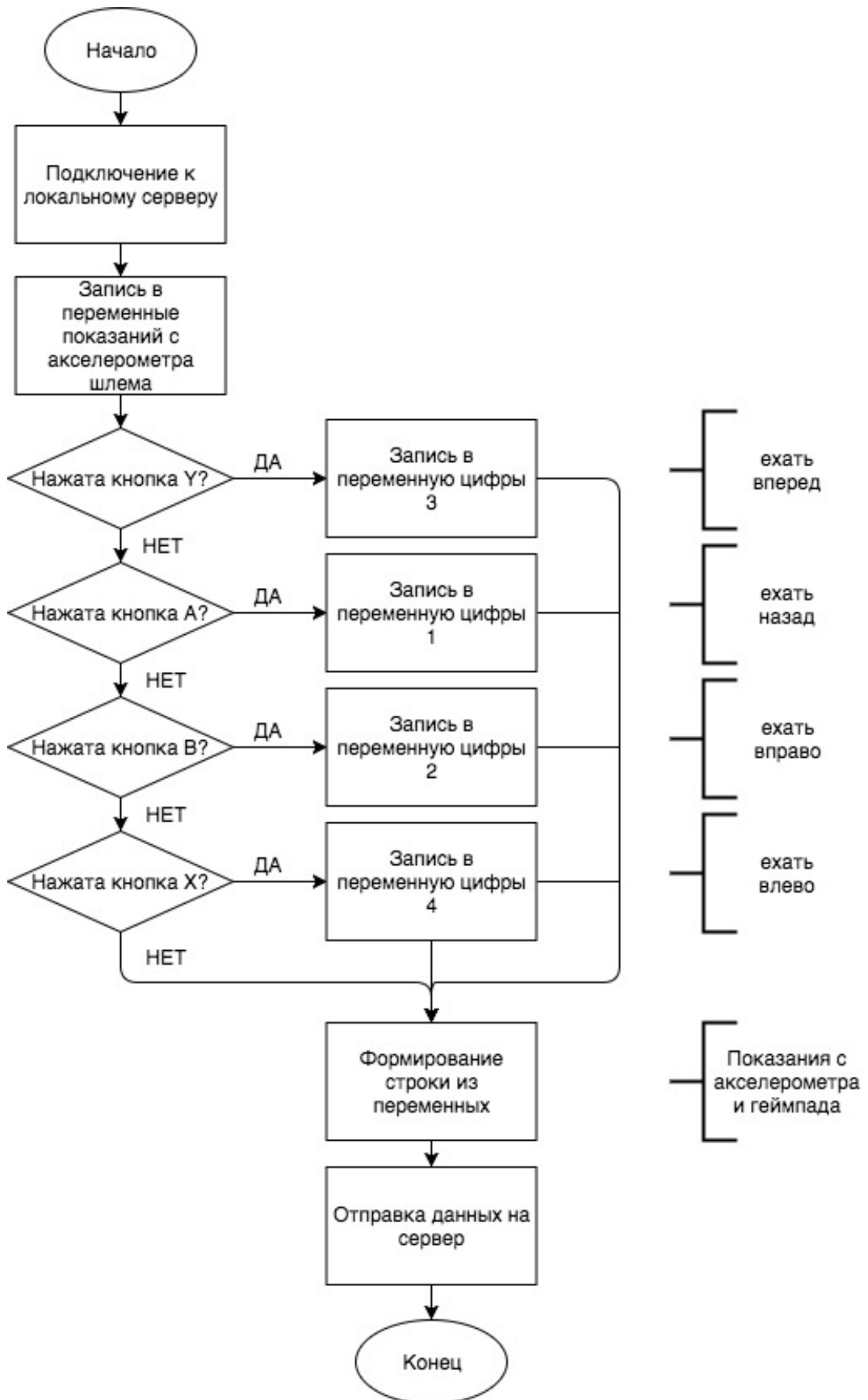
Блок управления роботом-картографом

Схема электрическая принципиальная

Приложение Г.

Спецификация элементов схемы электрической принципиальной

Приложение Д. Алгоритм для Unity3D



Приложение Е. Листинг для Unity3D

```
using
System.Collections;

        using System.Collections.Generic;
        using UnityEngine;
        using System.Net.Sockets;
        using System.Text;
        using UnityEngine.UI;
        using System.Collections;

        using System.Threading;

public class clientRaspberry : MonoBehaviour
{
    public string IpAdress = "127.0.0.1";
    public int port = 8599;

    //Повороты головы
    private float RotationHeadX;
    private float RotationHeadY;

    //Управления с джостика
    private float JosticHorizontal;
    private float JosticVertical;
    private float JosticStop;

    //Глаза oculus
    private GameObject LeftEyeAnchor;
    private GameObject RightEyeAnchor;
    private GameObject CenterEyeAnchor;

    private GameObject left;
    private GameObject right;
    private GameObject Center;

    private Vector3 forwardRotate;

    public string message;
    public string sensor;
```

```

private Socket socket;
private GetRotation head;

private void Start()
{
    //для стерео зрения
    LeftEyeAnchor = GameObject.Find("LeftEyeAnchor");
    RightEyeAnchor = GameObject.Find("RightEyeAnchor");
    CenterEyeAnchor = GameObject.Find("CenterEyeAnchor");

    left = GameObject.Find("left");
    Center = GameObject.Find("Center");
    right = GameObject.Find("right");

    LeftEyeAnchor.transform.parent = left.transform;
    CenterEyeAnchor.transform.parent = Center.transform;
    RightEyeAnchor.transform.parent = right.transform;
    //////////////////////////////////////
    head = new GetRotation();
    head.glass = RightEyeAnchor;
    //
    ConnectServer();
    Thread mythread = new Thread(GetMessageServer);
    mythread.Start();

}

private void Update()
{
    if (Input.GetKeyDown(KeyCode.S)) head.SetForwardRotate();
}

void FixedUpdate()
{
    //Получаем данные с джостика
    //JosticHorizontal = Input.GetAxis("Submit") * 256f;
    //JosticVertical = Input.GetAxis("Vertical") * 256f;
    float A = Input.GetAxis("A");
    float B = Input.GetAxis("B");
}

```

```

        float Y = Input.GetAxis("Y");
        float X = Input.GetAxis("X");

        Debug.Log("A = " + A + " B = " + B + " Y = " + Y + " X = "
+ X);

        if (A == 1) JosticHorizontal = 1;
        else
        if (B == 1) JosticHorizontal = 2;
        else
        if (Y == 1) JosticHorizontal = 3;
        else
        if (X == 1) JosticHorizontal = 4;
        else
            JosticHorizontal = 0;

        Debug.Log("JosticHorizontal = " + JosticHorizontal);
        JosticStop = Input.GetAxis("Jump");

        //Получаем данные со шлема
        RotationHeadX = head.GetRotationX();
        RotationHeadY = head.GetRotationY();

        //Pos,x,y,Mot,h,v
        //
        message = "P," + RotationHeadX + "," + RotationHeadY +
        ",M," + JosticHorizontal + "," + JosticVertical + "," + JosticStop+
        ",";
        SendMessageServer(message);

    }

    private void OnApplicationQuit()
    {
        DisconnectServer();
    }

    //

```

```

//Открыть соединения
private void ConnectServer()
{
    socket = new Socket(AddressFamily.InterNetwork,
SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp);
    socket.Connect(IPAddress, port);
    Debug.Log("Соединения с сервером - Ok");
}

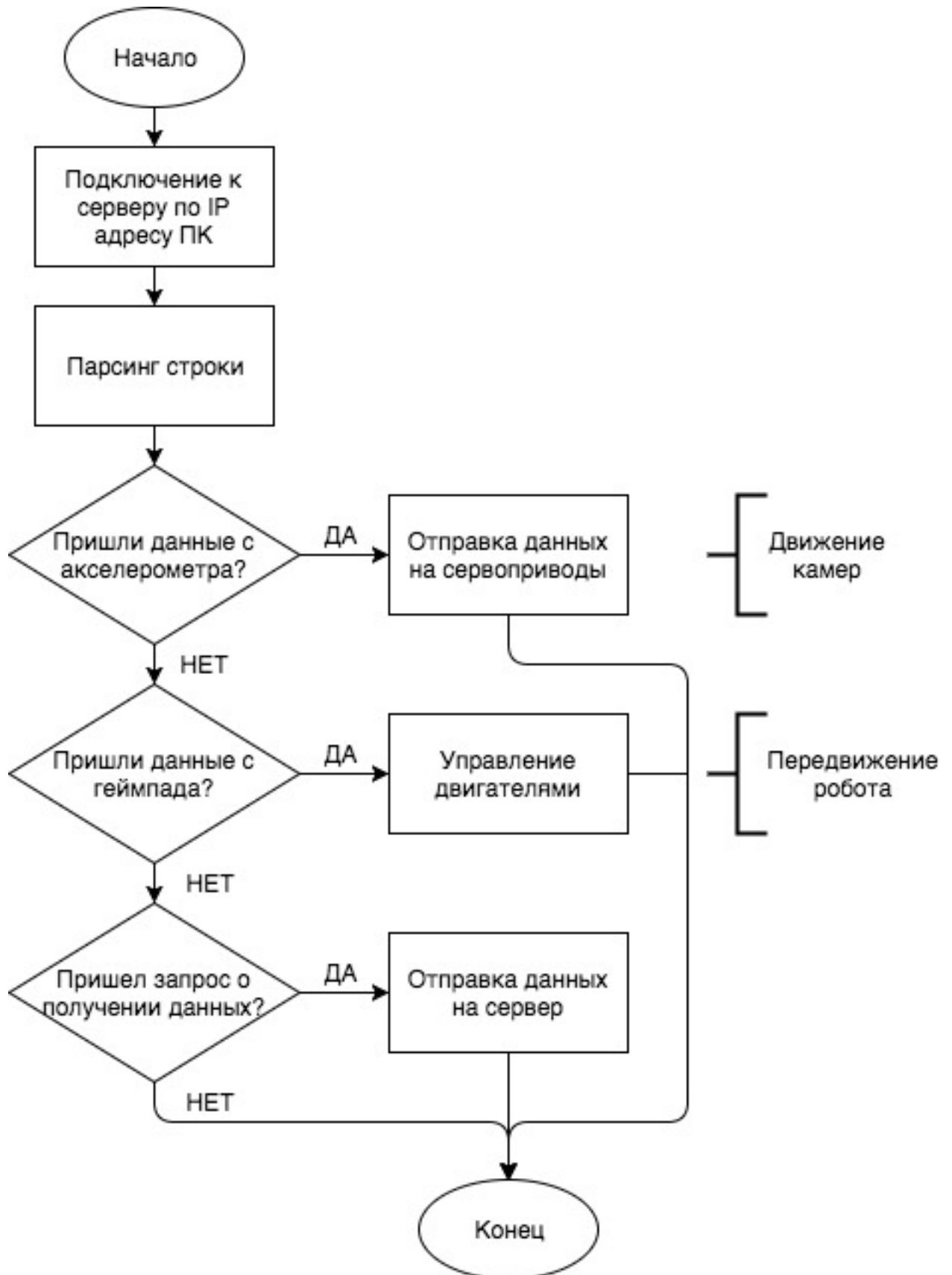
//Закреть соединения
private void DisconnectServer()
{
    socket.Close();
    Debug.Log("Закрытия соединения - Ok");
}

//отправить данные на Сервер
private void SendMessageServer(string message)
{
    //Debug.Log("send Message = " + message);
    byte[] buffer = Encoding.ASCII.GetBytes(message);
    socket.Send(buffer);
}

//Принять данные с сервера
private void GetMessageServer()
{
    while (true)
    {
        Debug.Log("Запрос на данные с сенсора");
        SendMessageServer("D");
        byte[] buffer = new byte[1024];
        socket.Receive(buffer);
        string valueSensor = Encoding.ASCII.GetString(buffer);
        sensor = valueSensor;
        Debug.Log("Данные пришли успешно");
        Thread.Sleep(5000);
    }
}
}

```

Приложение Ж. Алгоритм для Raspberry Pi



Приложение 3. Листинг для Raspberry Pi

```
#!/usr/bin/env
python

# -*- coding: utf-8 -*-
import ClientRaspberry as clien

import hardwareServo as servo
import hardwareDriver as drive
import hardwareSensor as sensor

import StartCamera as camera
import math

#камера
Max_Servo_Camera = 180
Min_Servo_Camera = 0
#платформа
Max_Servo_Platform = 180
Min_Servo_Platform = 0
Point_Ziro = 90

x = 90
y = 90
###
#Скорость передач моторов
FIRST_1 = 100
FIRST_2 = 160
FIRST_3 = 235

oddGetArduino = ''
oddPullArduino = ''

connSesver = None
oldData = 'P, 90, 90, M, 0, 0, 0'

#Парсим данные которые пришли с сервера
def parsData(data):
    global oldData
    #Data = P,88.31198,77.54085,M,0,0,0
    tempData = data
```

```

        data = data.split(',')
        if len(data) > 8 or len(data)<8:
            data = oldData
            data = data.split(',')
        else:
            oldData = tempData

    return data

#преобразует пределы
def map(x, in_min, in_max, out_min, out_max):
    return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) +
out_min

#Отправляем данные для серво приводов
def sendServo(data):
    global x
    global y
    global oddPullArduino
    global Min_Servo_Camera, Max_Servo_Camera, Min_Servo_Platform,
Max_Servo_Platform

    servoH = math.fabs(math.floor(float(data[2])))
    servoV = math.fabs(math.floor(float(data[1])))

    if (servoV >= Min_Servo_Camera) and (servoV <= Max_Servo_Camera):
        x = servoV
    if (servoH >= Min_Servo_Platform) and (servoH <=
Max_Servo_Platform):
        y = servoH

    servo.SendDataServo(int(x), int(y)) #Отправляем данные на Arduino

def sendMotor(data):
    global oddGetArduino

```

```

#Pos,0,0,Mot,-3.470105,-25.13711
#P, 90, 90, M, 0, 0, 0
nR = 0
nL = 0
SpeadRight = 0
SpeadLeft = 0

speadH = data[4]
speadV = math.floor(float(data[5]))

#mapSpeadH = map(speadH, -255, 255, -3, 3)
#mapSpeadV = map(speadV, -255, 255, -3, 3)

if speadH == b'1':
    nR = 1
    nL = 1
elif speadH == b'2':
    nR = 1
    nL = 2
elif speadH == b'3':
    nR = 2
    nL = 2
elif speadH == b'4':
    nR = 2
    nL = 1
else:
    nR = 0
    nL = 0
print("speadH "+ speadH )
print("nR = "+ str(nR)+ " nL = "+str(nL))
SpeadLeft = FIRST_2
SpeadRight = FIRST_2

drive.SendDataMotor(nL,nR,SpeadLeft,SpeadRight)

#print(str(nL)+" "+str(nR)+" "+str(SpeadLeft)+" "+str(SpeadRight))
if (data[6] == b"1"):# данные на остановку
    #print("0 0 0 0")
    drive.SendDataMotor(0,0,0,0)

```

```

def sendSensor():
    #data = arduino.GetSensotArduino('D')
    data = str(sensor.getSensor(0))
    #print("data = " + data)
    return data

def mainLoop():
    global connSesver
    while 1:
        data = clien.getDataServer(connSesver)

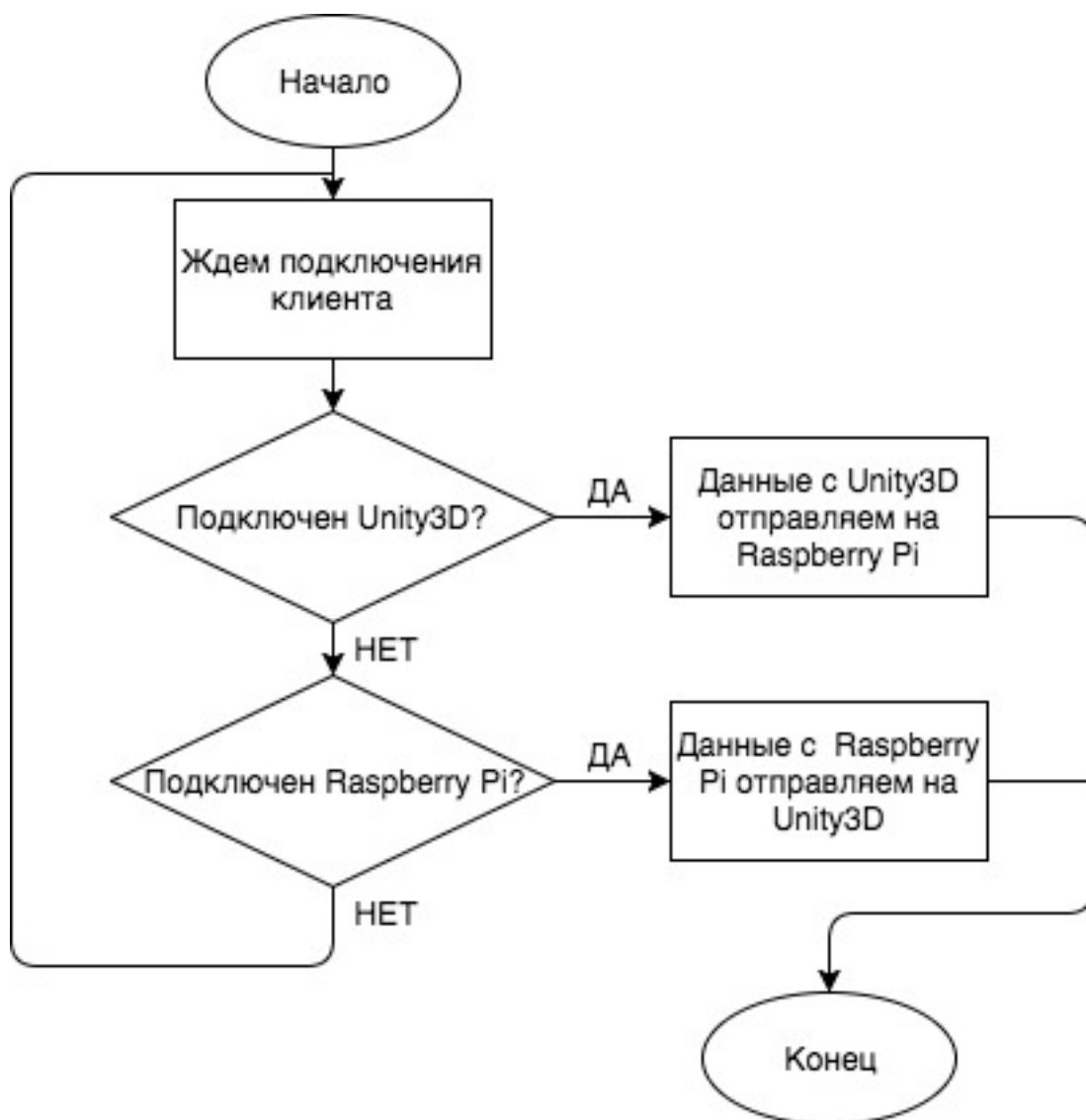
        if data in 'D':
            #print("Запрос на данные")
            data = sendSensor()
            connSesver.send(data.encode())

        else:
            data = parsData(data)
            #print(data)
            sendServo(data)
            sendMotor(data)

if __name__ == '__main__': # Program start from here
    try:
        connSesver = clien.ConnectServer()
        #camera.start()
        mainLoop()
    except KeyboardInterrupt: # When 'Ctrl+C' is pressed, the child
program destroy() will be executed.
        connSesver.close()
        drive.destroy()
        #camera.stop()
        print("Stop Client")

```

Приложение II. Алгоритм для сервера



Приложение К. Листинг для сервера

```
import
socket

data = ''
sensor = ''

connUnity = None
connRaspberry = None

# получаем данные с подключенного пользователя
def dataAcceptance(conn):
    conn.settimeout(3)
    try:
        data = conn.recv(1024)
        if not data:
            return 0
        return data.decode()
    except socket.timeout:
        print("Error ---- Time OUT")
        return b'0'.decode()

def connect(conn,addr):
    global connUnity,connRaspberry
    if addr[0] == '127.0.0.1':
        print("Parser - Unity")
        connUnity = conn
    else:
        print("Parser - raspberry")
        connRaspberry = conn

def mainloop():
    global data, sensor, connUnity, connRaspberry
    print("Main Loop")
    while 1:
        data = None
        data = dataAcceptance(connUnity)
        print(data)
        if data != '':
            if data == 'D':
                #print("Dat --- Ok")
```

```

        connRaspberry.send('D'.encode())
        sensor = dataAcceptance(connRaspberry)
        print("Sensor = " + str(sensor))
        connUnity.send(sensor.encode())

    data = ''
    sensor = ''
else:
    connRaspberry.send(data.encode())
    data = ''

def StopServer():
    global connRaspberry, connUnity

    if connRaspberry != None:
        connRaspberry.close()
        print("stop connect raspberry")
    if connUnity !=None:
        connUnity.close()
        print("stop connect Unity")

if __name__ == '__main__': # Program start from here

    sock = socket.socket()
    sock.bind(('', 8599))
    sock.listen(2)
    while 1:
        conn, addr = sock.accept()
        #print('connected:', addr[0])
        try:
            connect(conn, addr)
            if (connUnity != None) and (connRaspberry != None):
                mainLoop()
        except KeyboardInterrupt: # When 'Ctrl+C' is pressed, the child program
            destroy() will be executed.
            StopServer()

```