

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



Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов (АТП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система технического зрения для автоматического управления подвижным объектом, обеспечивающим диагностику теплоэнергетических объектов
УДК 681.51.01:621.865.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Ермошкин Александр Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры АТП	Шидловский Станислав Викторович	доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществление коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разработка документации, презентация и защита результатов <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективная индивидуальная и коллективная работа, в том числе междисциплинарном, с разделением ответственности и обязанностей при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрация <i>личной</i> ответственности, приверженности и следование профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением социальных, правовых, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализ экономических проблем и общественных процессов, участие в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению необходимого уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознание необходимости и демонстрация <i>способности к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применение <i>базовых</i> математических, естественнонаучных, социально-экономических знаний в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализ научно-технической информации, постановка, решение и публикация результатов решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проведение предварительного технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнение <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проведение <i>комплексных</i> научных исследований в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.

P11	Использование информационных технологий, использование компьютера как средство работы с информацией и создания новой информации, осознание опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдение основных требования информационной безопасности.
P12	Выбор и использование необходимого оборудования для производства тепловой и электрической энергии, управления технологическими объектами, использование инструментов и технологий для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участие в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контроль организации метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составление документации по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организация рабочих мест, управление малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализ затраты и оценка результатов деятельности первичных производственных подразделений, контроль соблюдения технологической дисциплины.
P15	Использование методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планирование и участие в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организация работ персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контроль техническое состояние и оценка остаточного ресурса оборудования, организация профилактических осмотров и текущих ремонтов, составление заявки на оборудование, запасные части, подготовка технической документации на ремонт, проведению работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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



Институт Энергетический
 Специальность Автоматизация технологических процессов и производств (в теплоэнергетике)
 Кафедра Автоматизации теплоэнергетических процессов

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АТП

 (Подпись) (Дата) Стрижак П.А.
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

диссертации на соискание квалификации бакалавра

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Ермошкину Александру Васильевичу

Тема работы:

Система технического зрения для автоматического управления подвижным объектом, обеспечивающим диагностику теплоэнергетических объектов	
Утверждена приказом директора	435/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Необходимо разработать систему технического зрения для автоматического управления подвижным объектом, обеспечивающим диагностику теплоэнергетических объектов. Диагностика энергетических объектов производится с помощью тепловизора, которым оснащен мобильный робот.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1) Введение (актуальность темы, цель и постановки задачи). 2) Обзор используемых технологий для разработки системы технического зрения 3) Выбор технических средств автоматизации. 4) Экспериментальное исследование. 5) Разработка вспомогательных блоков. 6) Разработка алгоритма построения карты.

	7) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8) Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1) Алгоритм блока для калибровки объекта-препятствия. 2) Результаты работы блока калибровки объекта-препятствия 3) Алгоритм блока для вычисления расстояния до объекта 4) Схема инициализации сенсора. 5) Алгоритм блока для построения карты местности. 6) Результаты работы блока построения карты местности.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технико-экономическое обоснование работы	Попова Светлана Николаевна
Производственная и экологическая безопасность	Василевский Михаил Викторович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры АТП	Шидловский С.В.	д. ф-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Ермошкин А.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 81 страницы, 21 рисунка, 12 таблиц, 16 источников литературы, 5 приложений.

Ключевые слова: техническое зрение, построение карты местности, автоматическое управление, робот, теплоэнергетика, тепловизионное обследование.

В данной работе рассматриваются основные принципы и особенности разработки системы технического зрения в среде визуального программирования LabVIEW с использованием библиотеки средств обработки и анализа изображений IMAQ Vision.

Система технического зрения разрабатывается для эффективного управления робототехническим комплексом, а именно для обнаружения препятствий на пути следования робота и построения карты местности или помещения.

Цель работы – разработать алгоритм, позволяющий построить карту местности с помощью датчиков робота и определить его положение на этой карте. В качестве основного датчика для обнаружения препятствия используется бесконтактный сенсорный контроллер WINDOWS Kinect. Система способна определить расстояние от платформы робота до объекта-препятствия. Программная часть выполнена в National Instruments LabVIEW 2013.

Результаты тестирования системы показывают, что разработанные в ходе работы алгоритмы могут использоваться в качестве базовых при проектировании более сложных интеллектуальных систем технического зрения.

Содержание

Введение	10
1 Анализ литературных источников	11
1.1 Техническое зрение	11
1.2 Задачи технического зрения	13
1.3 Уровни и методы технического зрения	14
1.4 Алгоритмы технического зрения	15
2 Обзор используемых технологий для разработки системы технического зрения	17
2.1 Роль специальных программных средств при разработке приложений технического зрения	17
2.2 Знакомство с LabVIEW	19
2.3 Знакомство с NI Vision	20
3 Процессы обработки и анализа изображений	22
3.1 Построение карты глубины	23
3.2 Обзор технологии WINDOWS Kinect	24
4 Разработка вспомогательных блоков	26
4.1 Обнаружение препятствия	26
4.1.1 Анализ карты глубины	26
4.1.2 Экспериментальные исследования	28
4.2 Идентификация препятствия	32
5 Разработка алгоритма для построения карты местности	34
5.1 Задача SLAM	35
5.2 Алгоритм SLAM	36
5.3 Реализация блока построения карты местности	38
5.4 Проблема обновления ячеек карты	42
5.5 Рейкастинг	43
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
6.1 Обоснование целесообразности проекта	46
6.2 Организация и планирование работ	47

6.3 Расчет сметы на проектирование проекта	52
6.4 Расчет расходов на материалы, затрат на услуги сторонних компаний и арендную плату	53
6.5 Расчет заработной платы	54
6.6 Расчет стоимости машинного времени	55
6.7 Смета затрат на проектирование устройства	56
6.8 Расчет сметы на реализацию проекта	57
6.9 Расчет эксплуатационных затрат	58
6.10 Оценка экономической эффективности проекта	60
7 Социальная ответственность	63
7.1 Электробезопасность	64
7.2 Шум и вибрация	65
7.3 Пожарная безопасность	66
7.4 Метеорологические условия работы в помещениях	67
7.5 Электромагнитное излучение	70
7.6 Экологическая безопасность	72
Заключение	74
Список использованных источников	75
Приложение А (справочное) Блок для вычисления расстояния до объекта в программном пакете LabVIEW и фронтальная панель блока	77
Приложение Б (справочное) Общая схема инициализации сенсора WINDOWS Kinect в программном пакете LabVIEW и фронтальная панель (трансляция работы сенсора)	78
Приложение В (справочное) Алгоритм блока для калибровки объекта-препятствия в программном пакете LabVIEW и фронтальная панель блока	79
Приложение Г (справочное) Результаты работы блока калибровки объекта-препятствия	80

Введение

Техническое (машинное, компьютерное) зрение является одним из наиболее перспективных методов автоматизации каких-либо действий с применением компьютерных технологий и робототехники. В информационно-измерительной системе и в системе управления мобильного робота анализ данных и формирование цели управления и управляющего воздействия выполняются на основе информации, до 80% полученной от системы технического зрения.

Целью данной работы является разработка системы технического зрения для подвижного объекта, выполняющего диагностику теплоэнергетических объектов. Мобильный робот, представляющий собой платформу с дифференциальным приводом, способную двигаться по заданным опорным точкам, оснащен тепловизором на поворотной платформе и предназначен для тепловизионного обследования энергетического оборудования.

При разработке системы технического зрения необходимо решить некоторые задачи, а именно создать алгоритмы для дальнейшего их применения как отдельных встраиваемых модулей в других проектах, ориентированных на какие-либо приложения, либо задачи управления. Данная система технического зрения должна решать ряд задач, среди которых: идентификация объектов-препятствий, измерение расстояния до препятствий, а также построение карты местности.

Кроме того, являясь, безусловно, базовой, задача обнаружения объектов также является и частной технологической задачей по отношению к целому комплексу основных задач, которые в общих чертах могут быть сформулированы следующим образом:

- идентификация объектов и изменений в сцене наблюдения;
- высокоточные измерения элементов сцены;
- слежение за объектами;

- самоориентация и самопозиционирование;
- реконструкция поверхностей и обнаружение трехмерных структур;
- описание сцены и идентификация объектов;
- организация зрительной обратной связи при работе управляемых устройств, манипуляторов или мобильных роботов в изменчивой среде [1].

1 Анализ литературных источников

1.1 Техническое зрение

Задачей робототехнической системы является обследование энергетического оборудования с помощью тепловизора. Тепловизор позволяет оценить целостность труб, что помогает предотвратить возможные аварии. Также прибор подходит для обследования таких соединений, как трансформаторы, выключатели, автоматы и др. По превышению температуры не составляет труда определить места возможных неисправностей и оперативно устранить их. Примеры работы тепловизора показаны на рисунках 1 и 2.

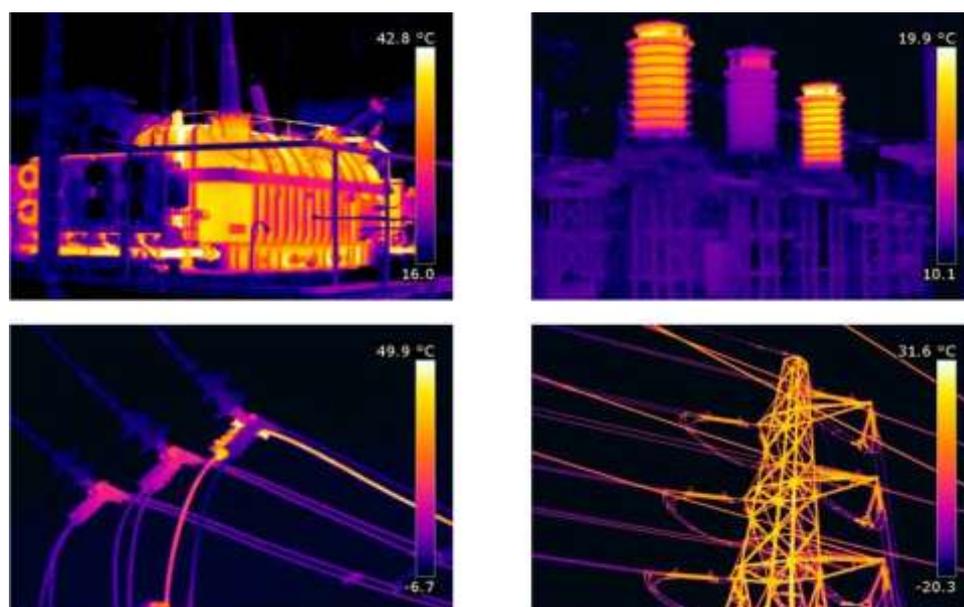


Рисунок 1.1 – Примеры применения тепловизора

Для обследования энергооборудования с помощью робототехнического комплекса в первую очередь необходимо решить задачи навигации путем создания и внедрения системы технического зрения.

Термин «техническое зрение» как понятие наиболее полно отражает круг инженерных технологий, методов и алгоритмов, связанных с задачей интерпретации сцены наблюдения по ее двумерным проекциям (изображениям), а также как практическое использование результатов этой интерпретации. В самом общем виде системы технического зрения подразумевают преобразование данных, поступающих с устройств захвата изображения, с выполнением дальнейших операций на основе этих данных. Проблематика технического зрения очень притягательна для современных исследователей по той причине, что аппаратные и программные возможности, представленные в данной области последними достижениями вычислительной техники и электроники, достигли такого уровня, что они уже во многом приближаются к «техническим характеристикам» человека.

Разрешение многих сенсоров для получения видеоинформации практически соответствует числу элементов сетчатки глаза человека, а возможности ЭВМ и специальных процессоров близки к характеристикам «вычислительных мощностей», используемых для обработки изображений в головном мозге.

Таким образом, для создания «интеллектуальной машины», сложного автономного робототехнического комплекса, работающего в режиме реального времени, необходимо решить ряд принципиальных задач, одна из которых - разработка методов и алгоритмов «понимания» изображений. Однако именно эта задача во многих случаях оказывается наиболее тяжелой [1].

1.2 Задачи технического зрения

Основной проблемой информационного содержания изображения является отсутствие, так называемой, «причинной» модели формирования. Это заключается в том, что информационное содержание изображения возникает не в результате действия каких-либо физических законов, описываемых математическими выражениями. Информационное наполнение изображения проявляется в виде бесконечного разнообразия яркостно-геометрических структур, модели, порождения которых могут просто отсутствовать.

«Понимание» или идентификация объектов, находящихся в поле зрения сенсора, является особенно сложной задачей. Поиск основных типов объектов, таких как зданий или дорог на снимках, уже превратились в целые направления исследований. Одной проблеме идентификации зданий на изображениях в последние годы были посвящены несколько крупных международных конференций, которые лишь дополнили ряд существующих проблем [2, 3, 4].

Таким образом, можно сделать вывод, что теория «понимания изображений» с одной стороны, до сих пор представляет собой сочетание ряда нерешенных к настоящему моменту теоретических задач, а с другой - большого числа идей и подходов, далеких от окончательного вида разработанной теории. Для измерения и обнаружения объектов теория технического зрения предлагает целый ряд различных модельных описаний. В литературе описан широкий спектр таких моделей – от простейших признаков описаний до высокоспециализированных и сложных структурных моделей.

1.3 Уровни и методы технического зрения

Алгоритмы обработки и анализа изображений на протяжении последних лет принято рассматривать в соответствии с так называемой модульной парадигмой, предложенной Дэвидом Марром [5]. Эта парадигма на основе длительного исследования механизмов зрительного восприятия человека утверждает, что обработка и анализ изображений должны основываться на нескольких последовательных уровнях восходящей информационной линии: от «иконического» представления объектов (неструктурированная информация, растровое изображение) – к их символическому представлению (данные в структурированной форме, реляционные структуры и т. д.).

Следовательно, применительно к теории машинного зрения выделяют следующие основные этапы обработки данных:

- предобработка изображений;
- сегментация;
- выделение геометрической структуры;
- определение относительной структуры и семантики.

Уровни обработки данных, связанные с перечисленными этапами, обычно называются соответственно: обработка нижнего уровня, среднего уровня, верхнего уровня. В настоящее время алгоритмы обработки нижнего уровня (гистограммная обработка, фильтрация простых шумов) считаются хорошо проработанными и детально изученными, но алгоритмы среднего уровня (сегментация) все еще продолжают оставаться основным полем приложения исследовательских и инженерных усилий. В последние несколько лет был сделан большой шаг по отношению к проблемам сопоставления фрагментов и точек изображений, выделения признаков внутри малых высокоточных фрагментов 3D-позиционирования точек, что подразумевает соответствующее моделирование, а также калибровку

датчиков и их комбинаций, выделение простейших яркостно-геометрических структур типа «точка», «прямая линия», «пятно», «край», «угол» [3].

Методы обработки верхнего уровня, относящиеся непосредственно к «пониманию изображений», находятся только в начальной фазе развития и представляют собой «вызов» для сообщества ученых и исследователей в области технического зрения и искусственного интеллекта. Безусловно, перспектива создания будущих поколений «интеллектуальных машин» в основном зависит от дальнейшей разработки именно этого круга алгоритмов.

1.4 Алгоритмы технического зрения

Техническое зрение относится к инженерной прикладной дисциплине. Любая прикладная техническая дисциплина в отличие от фундаментальной теоретической дисциплины имеет ряд конкретных практических ограничений и особенностей.

Проанализируем требования к алгоритмам и методам технического зрения на примере такой специфической группы алгоритмов, как алгоритмы идентификации объектов на изображениях. Существуют два основных типа требований:

- точность;
- вычислительная реализуемость.

Первым свойством, которым должны обладать алгоритмы машинного зрения, является точная локализация объектов, подлежащих идентификации, или их контуров, подлежащих измерению. То есть, необходимо не только выделить объект, но и максимально точно указать его положение в системе координат изображения (или сцены), а так же и размеры в каком-либо смысле. Несколько неточное определение «локализации», данное выше, в основном связано с тем, что объект может быть значительно искажен геометрически по сравнению со своей эталонной моделью, при этом возможно отсутствие аналитической модели искажения.

При аналитически заданной с точностью до параметров геометрии искажений, под точной локализацией понимается знание о положении какой-либо характерной точки объекта и параметрах геометрии искажения (поворот, изгибы и др.).

Ошибки локализации обычно делят на две группы – нормальные ошибки и аномальные.

Нормальные ошибки – это правильные локализации объектов с некоторой параметрической или позиционной неточностью, которая характеризуется количественными оценками.

К аномальным ошибкам относят ситуацию перепутывания объектов или возникновения артефактов. Это связано с фатальными количественными ошибками позиционирования, либо просто ложным обнаружением. Важную часть требований к алгоритмам обнаружения объектов составляют требования по исключению или ограничению уровня аномальных ошибок.

Стоит заметить, что требования точности предъявляются и к алгоритмам обработки изображений низкого уровня. Например, при решении многих измерительных задач фильтры, устраняющие помехи, не должны при этом существенно изменять видимое положение контуров объекта. Требование «сохранения краев» является строгим требованием точности к алгоритмам нижнего уровня. Это связано с тем, что, если данные были «испорчены» на нижнем уровне обработки, то на более высоких уровнях анализа даже самые совершенные математические методы уже не помогут, а значит и задачу не удастся решить с необходимой точностью [1,5].

Второе свойство, вычислительная реализуемость алгоритмов машинного зрения, по-прежнему относится к числу наиболее важных факторов, которые необходимо учитывать при их разработке.

Вычислительная техника за последние декады двадцатого и первые годы двадцать первого веков прошла колоссальный путь, была создана обширная специализированная процессорная база для обработки изображений.

Важное отличие, присущее процедурам обработки и анализа изображений по сравнению с задачами распознавания или интерпретации уже сегментированного образа, заключается в том, что обнаружение и измерение в практических задачах всегда связано с процедурой поиска объекта. Именно реализация процедуры поиска объекта связана с угрозой резкого роста потребного числа вычислений. Даже принимая во внимание значительное увеличение возможностей современных компьютеров, такие объемы вычислений занимают секунды машинного времени, что далеко выходит за пределы требований систем обнаружения реального времени, предназначенных для таких задач, как навигация и наведение, инспекционный контроль, обработка машиночитаемых документов и т. п. [5,6].

2 Обзор используемых технологий для разработки системы технического зрения

2.1 Роль специальных программных средств при разработке приложений технического зрения

Как уже было отмечено ранее, единого математического формализма и единой общепризнанной методики разработки алгоритмов в области технического зрения пока не существует, и вряд ли они будут разработаны в ближайшее время. Это является серьезной проблемой, затрудняющей и замедляющей разработку новых приложений и практических систем технического зрения, поэтому задача разработчика заключается в том, чтобы, комбинируя те или иные готовые алгоритмические блоки, добиться решения поставленной технической задачи.

Разработка систем анализа и обработки цифровых изображений обязательно включает в себя следующие этапы:

- предварительное исследование свойств типовых изображений;

- анализ применимости известных методов и алгоритмов обработки изображений при решении данной задачи;
- разработка новых алгоритмов обработки изображений;
- первичная программная реализация новых алгоритмов и проверка их эффективности;
- окончательная программная реализация алгоритмов [1,2].

Выполнение перечисленных операций непосредственно связано с использованием вычислительной техники. Более того, так как в настоящее время наибольшую популярность получили именно персональные компьютеры, они, как правило, являются основой рабочего места разработчика программного обеспечения даже в случаях, когда окончательная программная реализация алгоритмов предполагает использование других вычислительных средств.

Таким образом, использование единой среды разработки является необходимым условием работы, как отдельного разработчика, так и сообщества разработчиков в некоторой области. При этом разработчику необходимо иметь под рукой готовый набор инструментов известных методов анализа и обработки изображений, применимых при решении поставленной задачи, а также определенную среду разработки, которая позволила бы максимально быстро реализовать различные комбинации методов и алгоритмов и обеспечить визуализацию результатов их работы.

Среди числа ныне существующих программных средств, обладающих подобными качествами, одной из наиболее подходящих является среда графического программирования LabVIEW с библиотекой компонентов обработки и анализа изображений IMAQ Vision фирмы National Instruments (США).

Именно эта среда разработки с библиотекой компонентов обработки и анализа изображений была выбрана для реализации алгоритма работы разрабатываемой системы технического зрения.

2.2 Знакомство с LabVIEW

Технология виртуальных приборов развивается уже около двух десятилетий и в основном связана с компанией National Instruments, которая выпускает оборудование и ряд программных пакетов, поддерживающих технологию виртуальных приборов, среди которых основным компонентом является среда графического программирования LabVIEW. Рассмотрим, чем же является среда LabVIEW и разрабатываемые с ее помощью виртуальные приборы. «Виртуальность» в этом случае означает не «эфемерность» приборов, а принципиальное отличие построения их интерфейсных частей и системы обработки информации.

Основой для данного прибора является универсальный либо специализированный компьютер. Таким образом, взаимодействие пользователя с передней панелью прибора осуществляется через экран компьютера и его штатные периферийные устройства – клавиатуру и мышь. Хотя виртуальные приборы могут быть и чисто модельными, но их мощь в полной мере проявляется при решении задач измерения параметров реальных объектов или процессов. Для получения измерительной информации использоваться могут выносные блоки или встроенные платы, но так же используются и стандартные интерфейсы компьютера, и каналы связи. Логическая часть обработки измерительной информации реализуется на компьютере программно. При этом сама программа в соответствии с парадигмой графического программирования выглядит как набор функциональных узлов, соединенных проводниками для передачи данных.

Источниками информации для программы служат узлы подпрограмм (подприборов) сбора данных встроенных плат или терминалы элементов управления на лицевой панели, а приемниками – терминалы индикаторов, подприборы (SubVI) вывода данных или их сохранения в файлах. Такая структура программы позволяет реализовать модель потока данных (dataflow model) для обработки данных, когда данные «втекают» в программу через

перечисленные узлы, обрабатываются и «вытекают» из нее на узлы индикации, записи в файл или передачи по сети. При этом потоки, не связанные между собой общими данными, обрабатываются параллельно. Эта модель в корне отличается от модели потока управления, реализуемой в большинстве текстовых языков программирования.

В LabVIEW для создания интерфейса пользователя служит окно лицевой панели (Front Panel), а программный код размещается в окне блок-диаграммы (Block Diagram) [11].

2.3 Знакомство с NI Vision

Наряду с универсальными средствами разработки компьютерных измерительно-контрольных систем, такими как графическая среда программирования LabVIEW, National Instruments предлагает также широкий набор специализированных аппаратных модулей и программных библиотек.

Одной из таких специализированных аппаратно-программных технологий National Instruments является платформа технического зрения NI Vision, состоящая из технологии сбора захвата изображения IMAQ (IMage AcQuision) и программной технологии его обработки и анализа.

Аппаратная часть технологии IMAQ включает в себя модули захвата изображения с практически всех распространенных источников видеосигналов – аналоговых и цифровых видеокамер различных стандартов и конфигураций. Эти модули разработаны таким образом, что большей частью их функций можно управлять программно, что значительно упрощает прием изображения от самых разнообразных видеопреобразователей.

По этой причине с помощью IMAQ есть возможность работать с изображениями любого спектрального диапазона (от рентгеновского до инфракрасного), а так же с разной скоростью ввода – от единичных «снимков» до десятков тысяч кадров в секунду с различной глубиной оцифровки (от 8 до 32 разрядов). Интерфейсы IMAQ также предлагают

программируемые средства синхронизации видеоввода с иными дискретными или аналоговыми процессами в исследуемой или управляемой системе [1,11].

Так как первое знакомство со средой визуального программирования LabVIEW произошло в ходе разработки системы технического зрения, для реализации отдельных частей проекта был использован облегченный программный пакет Vision Assistant (дополнение к LabVIEW).

Среда Vision Assistant является простым и удобным средством, при помощи которого можно быстро осуществить любые необходимые действия над исходным изображением. Для реализации работы с сенсором WINDOWS Kinect использовались отдельные блоки и элементы библиотеки Kinect_LabVIEW.

В результате проделанной работы были разработаны следующие алгоритмы:

- общая схема работы системы технического зрения;
- алгоритм построения карты местности.

Кроме того, в среде LabVIEW были реализованы следующие блоки:

- блок для вычисления расстояния до объекта по его цвету на карте глубины;
- блок для калибровки объекта-препятствия.

3 Процессы обработки и анализа изображений

Структура алгоритмов обработки и анализа изображений зависит от множества факторов, таких как – характер решаемых задач, объём и состав априорной информации об объектах, условия наблюдения, имеющиеся аппаратные и программные средства и др. При этом выбор оптимальной структуры алгоритмов является сложной задачей, которая решается на основе сравнительной оценки альтернативных вариантов [1].

Обычно в качестве основных критериев эффективности при оценке алгоритмов, реализуемых вычислительным комплексом в системе технического зрения, выбирается точность измерений или достоверность принятых решений. Существует большое количество случаев, в которых наиболее выгодно будет использовать простые алгоритмы, которые используют набор процедур, выполняемых в определенном порядке.

Адаптивные алгоритмы обработки информации являются более сложными. В процессе вычисления таких алгоритмов определяются условия, в зависимости от которых производится выбор определенного набора реализуемых процедур. Адаптивные алгоритмы обладают свойством функционирования в комплексных условиях наблюдения и приспособления к динамическому изменению решаемых задач и изменению состава средств наблюдения.

На рисунке 3.1 представлена общая структурная схема комплексного алгоритма обработки и анализа изображений. Так, в зависимости от вида решаемых задач структура комплексного алгоритма может изменяться. При выполнении каждого из этапов обработки и анализа изображения информация поступает в блок управления, в котором формируется план последующих процедур [7,8].



Рисунок 3.1 – Структурная схема комплексного алгоритма обработки и анализа изображений

В памяти вычислительной системы хранятся блок управления и база данных. База данных содержит все необходимые данные и различные процедуры обработки информации. В соответствии с принимаемыми решениями из исходной базы данных формируется рабочая база, непосредственно используемая при обработке и анализе изображений. Реализовать подобный комплексный алгоритм достаточно трудно, поскольку одной из причин является сложность формализации и вычислений множества частных критериев эффективности на различных этапах вычислений, на основе которых принимаются решения о следующих действиях по обработке и анализу изображений.

3.1 Построение карты глубины

Карта глубины — это изображение, которое для каждого пикселя, вместо цвета, хранит его расстояние до камеры. Наиболее частым способом построения карты глубины является использование стереопары изображений.

Идея, на которой основывается получение карты глубины с помощью стереопары, очень проста. Для всех точек на первом изображении выполняется поиск парных точек на втором изображении. После нахождения всех пар соответствующих точек выполняется триангуляция и определяются координаты прообраза точек в трехмерном пространстве. Получив координаты прообраза в трехмерной плоскости, происходит вычисление глубины, как расстояния до плоскости камеры [9].

Карту глубины можно также получить с помощью специальной камеры глубины, которая входит в состав сенсора WINDOWS Kinect.

3.2 Обзор технологии WINDOWS Kinect

Ключевым устройством и технологией, используемыми в данной работе, является MICROSOFT Kinect.

Kinect – бесконтактный сенсорный игровой контроллер, первоначально представленный для консоли Xbox 360, и значительно позднее для персональных компьютеров под управлением ОС Windows (рисунок 3.2). Разработан фирмой Microsoft.

Сенсор подключается к компьютеру через USB. И содержит в себе:

- инфракрасный излучатель. Испускает инфракрасные лучи, которые, отражаясь от предметов, попадают назад в сенсор, где их принимает инфракрасный приёмник. Собирает отраженные лучи, преобразуя их в расстояние от сенсора до объекта;
- цветную камеру. Захват видео с максимальным разрешением 1280x960 (12fps). Угол обзора камеры: 43° по вертикали и 57° по горизонтали (Можно выбрать формат картинки: [RGB](#) или [YUV](#));
- набор микрофонов. 4 встроенных микрофона позволяют определить местоположение источника звука и направление звуковых волн;
- встроенный сервопривод, позволяющий осуществить коррекцию наклона сенсора в диапазоне $\pm 27^\circ$ по вертикали [9].

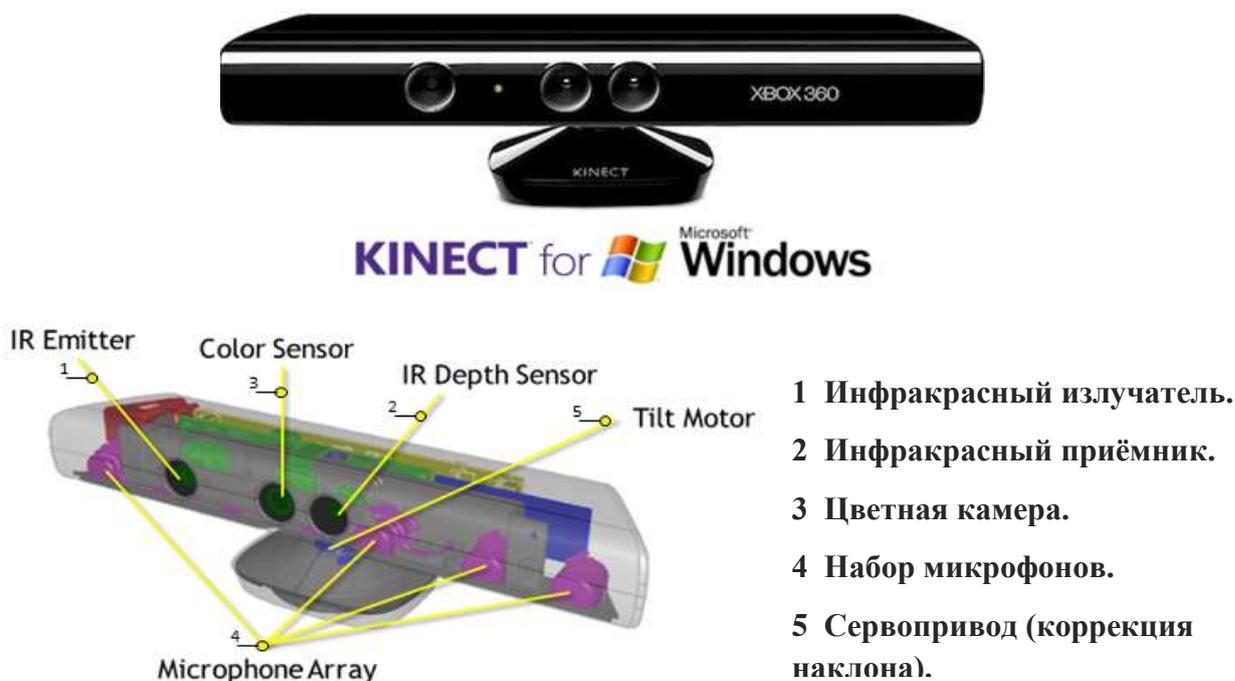


Рисунок 3.2 – Бесконтактный сенсорный игровой контроллер WINDOWS Kinect

В разрабатываемой системе технического зрения цветная камера используется для захвата видео, а совместная работа ИК-излучателя и ИК-приемника формирует карту глубины.

Для сенсора существует комплект средств разработки Kinect for Windows SDK. Это стартовый набор инструментов, необходимых для начала работы с Kinect. Он рассчитан для ученых, исследователей и энтузиастов, заинтересованных в изучении возможностей NUI (Natural User Interface) с помощью Kinect и связанных технологий. SDK включает:

- драйвера для использования сенсоров Kinect на Windows, API и интерфейсы для работы с устройством, а также техническая документация для разработчиков;
- примеры с исходными кодами;
- справка по установке и настройке.

SDK доступен для скачивания с сайта Microsoft Research.

Ниже приведены, некоторые из возможностей, которые дает SDK. SDK предоставляет доступ к следующим возможностям:

- данные от сенсоров (сырой поток данных). Доступ к данным от сенсора глубины, цветной камеры и данные от микрофонов, фактически, это низкоуровневый поток данных, генерируемый сенсорами Kinect, который можно самостоятельно анализировать;
- отслеживание скелета. Возможность отслеживать движение скелета одного или двух людей, находящихся перед Kinect – хорошо подходит для управления жестами;
- продвинутое аудио-возможности. Возможности обработки аудио включают подавление шума и эхо, определение источника звука и возможность интеграции Windows API для распознавания речи [9,10].

4 Разработка вспомогательных блоков

Система технического зрения разрабатывается для эффективного управления робототехническим комплексом, а именно для обнаружения препятствий на пути следования робота. (Робот представляет собой платформу с дифференциальным приводом способную двигаться по заданным опорным точкам).

Основная задача системы – обнаружить препятствия. Как уже было сказано ранее, в качестве единственного датчика для обнаружения препятствия используется бесконтактный сенсорный контроллер WINDOWS Kinect.

4.1 Обнаружение препятствия

4.1.1 Анализ карты глубины

Во время движения робототехнического комплекса на пути его следования могут возникать различные объекты-препятствия. Система технического зрения должна «обнаружить» препятствие, определить расстояние от платформы робота до объекта, выступающего препятствием. Алгоритм для обнаружения неизвестного объекта-препятствия и вычисления расстояния до него, строится на анализе карты глубины. Так как основной датчик - WINDOWS Kinect, на систему накладываются ограничения связанные с диапазоном «рабочих» расстояний самого сенсора.

На рисунке 4.1 представлен диапазон расстояний (в метрах), на котором сенсор способен видеть объекты (данные дальномера).

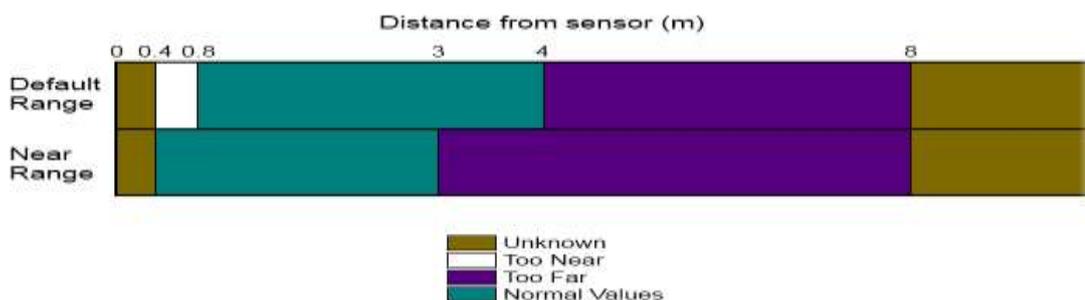


Рисунок 4.1 – Диапазон «рабочих» расстояний сенсора

В версии Kinect для операционной системы Windows существует два режима работы сенсора:

- Диапазон по умолчанию (Default Range).
- Приближенный диапазон (Near Range).

Таким образом, при использовании режима работы сенсора Near Range, система будет способна обнаружить объект-препятствие, который находится от сенсора на расстояние не ближе чем на 0,4 метра и не дальше чем на 8 метров.

Карта глубины; используется для отображения: цветовой градиент от белого (ближе) до синего (дальше). Однако в ходе работы выяснилось, что карта глубины строится в градациях серого цвета, а далее, для большей наглядности накладывается цветной градиент.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Ермошкину Александру Васильевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	Автоматизации теплоэнергетических процессов
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, информационных и человеческих, финансовых,</i>	Затраты, идущие на оборудование рассчитываются согласно стоимости оборудования по прайс-листам, либо по договорной цене. Заработная плата определяется согласно тарифной ставке и коэффициентам (зависящих от различных условий: регион, организация и прочее).
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Нормативная база представляет собой комплекс норм и нормативов использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, порядок и методы их формирования, обновления и применения.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Страховые отчисления рассчитываются согласно Федеральному закону (от 24.07.2009 №212-ФЗ). Прочие расходы рассчитываются исходя из суммы всей заработной платы исполнителей данного ТП.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценку коммерческого потенциала разрабатываемого ТП можно провести с помощью анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Для составления графика работ необходимо выполнить оценку трудоемкости работ. Исходя из полученных данных возможно построение графика технико-конструкторских работ, который позволит наилучшим образом спланировать сам процесс выполнения ТП.
<i>Выполнение сметной документации</i>	Для выполнения сметной документации по разрабатываемому ТП используем классификацию затрат по следующим статьям: 1) материальные затраты; 2) затраты на оборудование; 3) общая заработная плата; 4) страховые отчисления; 5) прочие расходы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Ермошкин Александр Васильевич		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Обоснование целесообразности проекта

В данном технико-экономическом обосновании рассматривается система технического зрения для автономного управления робототехнической системой. Техническое (машинное, компьютерное) зрение — является одним из наиболее перспективных методов автоматизации каких-либо действий с применением компьютерных технологий и робототехники. В самом общем виде системы машинного зрения подразумевают преобразование данных, поступающих с устройств захвата изображения, с выполнением дальнейших операций на основе этих данных.

Система технического зрения разрабатывается для эффективного управления робототехническим комплексом, а именно для обнаружения препятствий на пути следования робота. (Робот представляет собой платформу с дифференциальным приводом способную двигаться по заданным опорным точкам). Для обнаружения препятствий с различными геометрическими характеристиками создается база знаний.

Таким образом, наличие базы знаний, делает систему интеллектуальной, т.е. способной не только обнаружить препятствие на определенном расстоянии от робота, но также идентифицировать и классифицировать его.

В ходе работы был разработан и частично реализован алгоритм, позволяющий обнаружить препятствие распознать необходимые характеристики объекта, выступающего в качестве препятствия, такие как расстояние до объекта, ширина (диаметр) объекта и передать эти данные системе отвечающей за движение робота, для выработки необходимых решений по преодолению препятствия. На сегодняшнем рынке аналогичных

систем технического зрения для подобных целей, с возможностью добавления новых объектов-препятствий, т.е. с возможностью обучения системы найти не удалось. Можно сделать вывод о том, что аналогов с таким же или приближенным функционалом не существует.

В качестве единственного датчика для обнаружения препятствия используется бесконтактный сенсорный контроллер Kinect for windows.. Алгоритм реализован на графическом языке программирования «G» в среде разработки и платформы для выполнения программ National Instruments LabVIEW 2013.

6.2 Организация и планирование работ

Для нахождения наиболее эффективного пути решения поставленных задач необходимо рационально спланировать свою работу, для этого нужно провести отбор и обоснование комплекса работ.

Для разработки проекта было задействовано два человека:

- руководитель проекта;
- исполнитель (инженер-разработчик).

Руководитель дает постановку задачи и производит контроль ее выполнения. Исполнитель отвечает за проектирование системы, отвечает за работоспособность системы. Трудоемкость работ определялась с учетом срока окончания работ, особенностей работы, выбранной среды разработки, объемом информации.

Поскольку данная разработка не требует большого состава исполнителей, то в данной работе будем использовать ленточный метод планирования. Для построения ленточного графика необходимо разработать перечень работ. Перечень комплекса работ по разработке системы приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Комплекс работ по разработке проекта

№ этапа	Содержание работ	Исполнители	Длительность в днях	Загрузка	
				В днях	В %
1	2	3	4	5	6
1	Разработка технического задания	руководитель	2	2	60
		инженер	6	6	100
2	Подбор и изучение литературы. Сбор исходных данных	руководитель	4	4	100
		инженер	8	8	100
3	Ознакомление со средой разработки и языком программирования	инженер	16	16	100
4	Анализ существующих технологий решения задачи	руководитель	2	2	100
		инженер	2	2	100
5	Определение требований к системе технического зрения	руководитель	2	2	100
		инженер	2	2	100
6	Планирование работ	руководитель	2	1	50
		инженер	4	4	100
7	Выбор средств автоматизации	руководитель	4	4	100
		инженер	7	7	100
8	Изучение особенностей функционирования сенсора	руководитель	4	4	100
		инженер	17	17	100

Продолжение таблицы № 6.1

1	2	3	4	5	6
9	Поиск и установка программного обеспечения сенсора	инженер	9	9	100
10	Испытание сенсора Выявление зависимости цвета и расстояния опытным путем	инженер	5	5	100
11	Написание кода основной программы	руководитель	7	7	100
		инженер	16	16	100
12	Оптимизация алгоритма	инженер	4	4	100
13	Написание кода вспомогательных блоков программы	инженер	8	8	100
14	Синхронизация работы блоков программы	инженер	4	4	100
15	Испытание системы	инженер	2	2	100
16	Анализ результатов испытаний. Поиск решения для устранения ошибок	руководитель	4	4	100
		инженер	7	7	100

1	2	3	4	5	6
17	Корректировка программы	инженер	4	3	100
18	Оформление документации	инженер	15	12	100
19	Подготовка к защите ВКР	инженер	3	2	100
Итого по теме		руководитель	31	30	
		инженер	139	134	

Одной из основных целей планирования выпускной квалификационной работы является определение общей продолжительности ее проведения. Поскольку данный проект сравнительно небольшой по объему исследований, то наиболее удобным, простым и наглядным является метод определения длительности по ленточному графику выполнения проекта.

Для перевода рабочих дней в календарные используется коэффициент календарности $K_{\text{кал}}$, определяемый по формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{вых}}}, \quad (23)$$

где: $T_{\text{кал}}$ - календарное число дней в году ($T_{\text{кал}} = 366$ дней); $T_{\text{пр}}, T_{\text{вых}}$ - число праздничных и выходных дней в году (8 и 104 соответственно).

Подставив в формулу числовые значения, получим $K_{\text{кал}} = 1,44$. Время выполнения проекта в календарных днях с учетом количества исполнителей находится по формуле:

$$T_{\text{кал}} = \sum_{i=1}^n \frac{T_i \cdot K_{\text{кал}}}{H_i}, \quad (24)$$

где: T_i - длительность i -го этапа; H_i - количество исполнителей i -го этапа.

Ленточный график работ по разработке проекта представлен на рисунке 7.1.

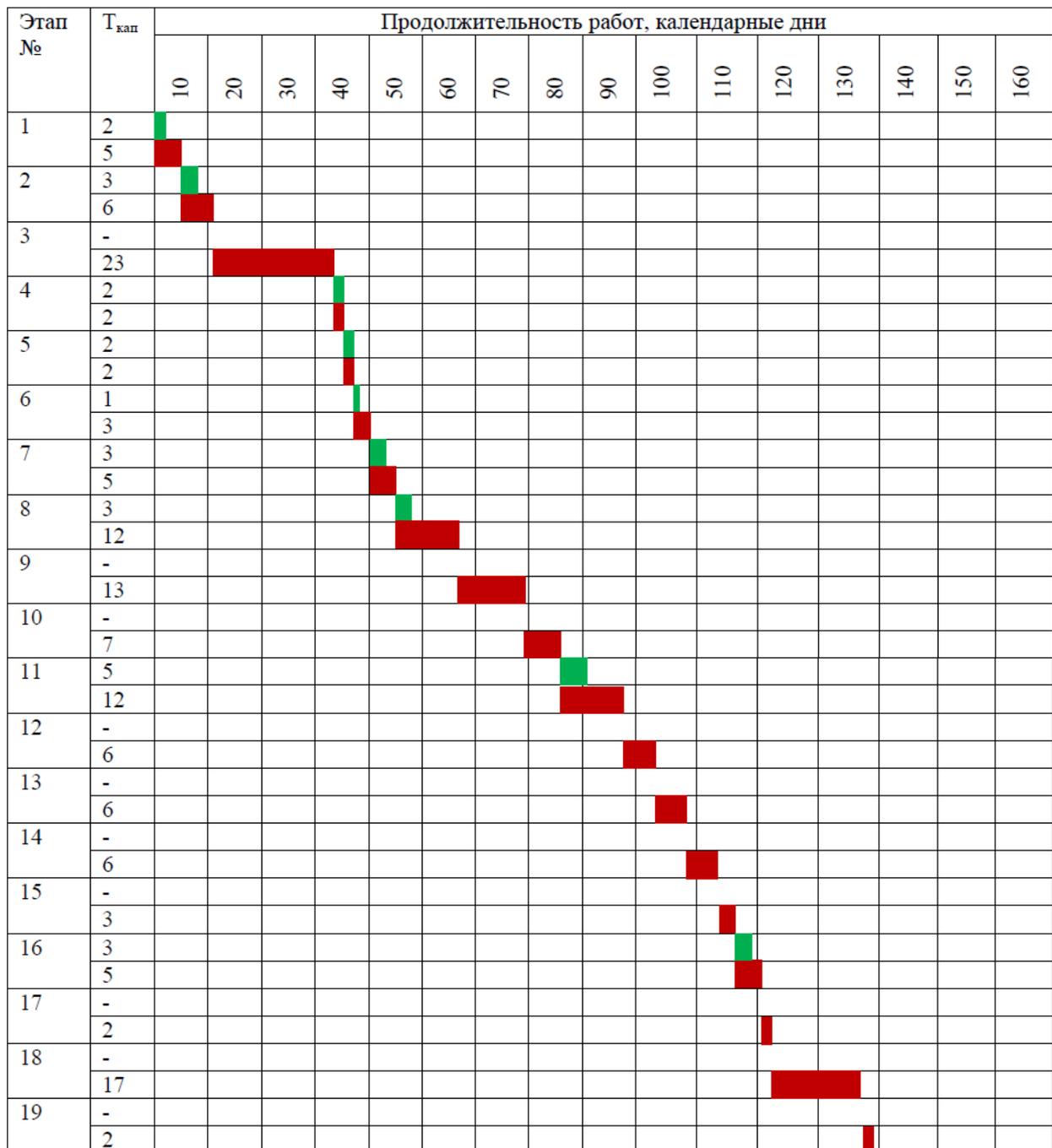


Рисунок 7.1 – Ленточный график работ по разработке проекта

6.3 Расчет сметы на проектирование проекта

Расчет сметной стоимости проектирования производится по формуле:

$$K_{\Pi} = C_M + C_{CO} + C_{OC} + C_{доп} + C_{СП} + C_{МВ} + C_{АР} + C_{ПР}, \quad (25)$$

где: C_M - материальные затраты; C_{CO} - затраты на услуги сторонних организаций; C_{OC} - затраты на основную заработную плату (включая районный коэффициент); $C_{доп}$ - затраты на дополнительную заработную плату; $C_{СП}$ - страховые платежи; $C_{МВ}$ - стоимость машинного времени; $C_{АР}$ - затраты на аренду; $C_{ПР}$ - накладные расходы.

Необходимые данные для расчета затрат на выполнение работы сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Данные для расчета затрат на выполнение работы

Исходные данные	Значения
Время, затраченное на выполнение работы (в днях):	
Руководитель	31
Инженер	139
Должностные оклады с учетом районного коэффициента (30%), руб:	
Руководитель	17645
Инженер	6850
Коэффициенты:	
W_c - учитывает страховые отчисления	0,30 (30%)
W_n - учитывает накладные расходы организации	0,20 (20%)
Машинное время на проектирование и реализацию проекта	99 дней (792 часа)
Стоимость одного часа машинного времени	10 рублей

6.4 Расчет расходов на материалы, затрат на услуги сторонних компаний и арендную плату

Расчеты расходов на материалы и средства разработки отражены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Общая стоимость, руб
Тетрадь 96 листов	1	75	75
Бумага офисная (упаковка)	1	250	250
Ручка	2	25	50
Карандаш простой	2	20	40
Линейка	1	20	20
Ластик	1	25	25
Сенсор MICROSOFT Kinect	1	8930	8930
Итого:			9390

Таким образом, стоимость материалов и комплектующих изделий составили $C_M = 9390$ руб.

Расчеты затрат на услуги сторонних организаций отображены в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Расчет затрат на услуги сторонних организаций

Услуга	Количество	Стоимость одной единицы, руб.	Сумма затрат, руб.
Распечатка на принтере	200 листов	2	400
Переплет	1 штука	60	60
Работа в Internet	5 месяцев	500	2500
Итого:			296

Таким образом, затраты на услуги сторонних организаций составили $C_{CO} = 2960$ руб.

Расчет затрат на аренду рассчитывается по формуле:

$$C_{ap} = A \cdot K_p \cdot K_z \cdot S \cdot N, \quad (26)$$

где: A - арендная плата за 1 м^2 в месяц; K_p - коэффициент районирования, равный 2; K_z - коэффициент зонирования, равный 1,8; S - норма площади на одного человека, равная 6 м^2 ; N - количество месяцев.

По формуле, затраты на аренду равны:

$$C_{ap} = 400 * 2 * 1,8 * 6 * 5 = 43200 \text{ руб.} \quad (27)$$

6.5 Расчет заработной платы

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 6.5. При расчете учитывалось, что в месяце 24 рабочих дня, а затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 6.2.

Таблица 6.5 – Расчет оплаты труда исполнителей

Исполнители	Оклад с учетом районного коэффициента	Среднедневная ставка, руб/день	Затраты времени, дни	Основная з/пл, руб
Руководитель	17645	735,2	31	22791,2
Инженер	6850	285,4	139	39670,6
Итого:				62461,8

Дополнительная заработная плата:

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{ос}} \cdot 0,1 = 62461,8 \cdot 0,1 = 6246,18 \text{ руб.} \quad (28)$$

Страховые отчисления:

$$C_{\text{сп}} = (C_{\text{ос}} + C_{\text{доп}}) \cdot 0,3 = (62461,8 + 6246,18) \cdot 0,3 = 20612,4 \text{ руб.} \quad (29)$$

Таким образом, $C_{\text{доп}} = 6246,18 \text{ руб.}$, $C_{\text{сп}} = 20612,4 \text{ руб.}$

6.6 Расчет стоимости машинного времени

Стоимость машинного времени, потраченного на выполнение и реализацию программы, рассчитывается как:

$$C_{\text{мв}} = C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{ч}} = 10 \cdot 792 = 7920 \text{ руб.}, \quad (30)$$

где: $C_{\text{ч}}$ - стоимость часа работы на компьютере; $K_{\text{ч}}$ - количество часов работы на компьютере.

Таким образом, стоимость машинного времени $C_{\text{мв}} = 7920 \text{ руб.}$

6.7 Смета затрат на проектирование устройства

Накладные расходы составляют 20% от суммы прямых затрат на разработку, которые, в свою очередь, включают затраты на материалы, основную заработную плату с учетом районного коэффициента отчисления на социальные нужды и стоимость затраченного машинного времени.

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{нр}} = 0,2 \cdot (C_{\text{м}} + C_{\text{ос}} + C_{\text{сп}} + C_{\text{мв}} + C_{\text{со}}) = 0,2 \cdot (9390 + 62461,8 + 20612,4 + 7920 + 2960) = 20668,84 \text{ руб.} \quad (31)$$

Таким образом, накладные расходы на разработку проекта 20668,84 руб.

Расчет сметы затрат на разработку проекта приведен в таблице 6.6

Таблица 6.6 – Смета затрат на разработку проекта

№ п/п	Статьи затрат	Зарплаты, руб
1	Материальные затраты	9390
2	Затраты на услуги сторонних организаций	2990
3	Затраты на основную заработную плату (включая районный коэффициент)	62461,8
4	Затраты на дополнительную заработную плату	6246,18
5	Страховые платежи	20612,4
6	Стоимость машинного времени	7920

Продолжение таблицы 6.6

7	Затраты на аренду	43200
8	Накладные расходы	20668,84
Итого:		173489,22

6.8 Расчет сметы на реализацию проекта

Капиталовложения на реализацию (K_p) в общем случае включают в себя затраты на:

- приобретение основного и вспомогательного оборудования;
- транспортировку, установку и монтаж оборудования;
- реконструкцию и строительство зданий ВЦ;
- прокладка линий связи.

Для полноценного использования разработанной системы технического зрения необходимо приобрести один персональный компьютер, общей стоимостью в 45000 рублей и набор Lego NXT 2.0 Mindstorm стоимостью 22800. Расходы на реализацию проекта представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Затраты на реализацию системы

№ пункта	Статьи расходов	Сумма затрат, руб.
1	Покупка персонального компьютера	45000
2	Покупка набора Lego NXT 2.0 Mindstorm	22800
Итого:		67800

Капитальные вложения K , связанные с разработкой проекта равны сумме капитальных вложений на проектирование $K_{п}$ и капитальных вложений на реализацию проекта $K_{р}$:

$$K = K_{п} + K_{р} = 173489,22 + 67800 = 241289,22 \text{ руб.} \quad (32)$$

Капитальные вложения на реализацию проекта составили $K = 241289,22$ руб.

6.9 Расчет эксплуатационных затрат

К эксплуатационным относятся затраты, связанные с обеспечением нормального функционирования как обеспечивающих, так и различных функциональных подсистем, поэтому эти затраты называют также годовыми текущими издержками.

Это могут быть затраты на ведение информационной базы, эксплуатацию комплекса технических средств, эксплуатацию систем программно-математического обеспечения, реализацию технологического процесса обработки информации по задачам, эксплуатация системы в целом.

Расчет годовых эксплуатационных издержек производится методом прямого счета на основе составляющих, приведенных ниже.

$$C_{\text{ЭКС}} = C_{\text{З.П.}} + C_{\text{А}} + C_{\text{ЭЛ}} + C_{\text{ВМ}} + C_{\text{Т.Р.}}, \quad (33)$$

где: $C_{\text{З.П.}}$ - затраты на зарплату обслуживающего персонала с начислениями, руб.; $C_{\text{А}}$ - амортизационные отчисления от стоимости оборудования и устройств системы и нематериальные активы, руб.; $C_{\text{ЭЛ}}$ - затраты на потребляемую электроэнергию, руб.; $C_{\text{ВМ}}$ - затраты на вспомогательные материалы, руб.; $C_{\text{Т.Р.}}$ - затраты на текущие ремонты, руб.

Для реализованного проекта не требуется обслуживающий персонал, так как вся основная работа будет происходить посредством пользовательского

приложения, в котором представлен удобный и понятный интерфейс и для которого прилагается пошаговая инструкция.

Амортизационные отчисления характеризуются денежным эквивалентом износа оборудования в результате эксплуатации. Затраты на амортизацию вычислительной техники определяется по формуле:

$$C_a = \sum_j^n \frac{C_{\text{бал}} \cdot H_A \cdot g_j \cdot t_j}{\Phi_{\text{эф}}}, \quad (34)$$

где: $C_{\text{бал}}$ - балансная стоимость j -го вида оборудования, руб. (стоимость компьютеров 70000 руб, стоимость набора 22800); H_A - норма годовых амортизационных отчислений (для компьютера $H_A = 12,5\%/год$, для сенсора $H_A = 9,7\%/год$); g_j - количество единиц j -го вида оборудования; t_j - время работы j -го вида оборудования, час; $\Phi_{\text{эф}}$ - эффективный фонд времени работы оборудования, час.

Эффективный фонд времени работы оборудования можно вычислить:

$$\Phi_{\text{эф}} = D_p \cdot H_s = 254 \cdot 8 = 2032 \text{ часа.} \quad (35)$$

где: D_p - количество рабочих дней в году, 254 дня; H_s - норматив среднесуточной нагрузки, 8 часов.

$$C_a = \sum_j^n \frac{45000 \cdot 0,125 \cdot 2032 \cdot 1}{2032} + \frac{22800 \cdot 0,097 \cdot 2032 \cdot 1}{2032} = 5625 + 2211,6 = 7836,6 \text{ рублей}$$

Затраты на потребляемую энергию можно вычислить по формуле:

$$C_{\text{ЭЭ}} = W_y \cdot T_g \cdot S_{\text{ЭЛ}} = 0,4 \cdot 365 \cdot 2,6 = 379,6 \text{ руб.,} \quad (36)$$

где: W_y - установленная мощность (0.4 кВт); T_g - время работы оборудования, час; $S_{\text{ЭЛ}}$ - тариф на электроэнергию, (2,6 руб.).

Затраты на вспомогательные материалы определяются нормативом (1-2 процента) от стоимости технических средств:

$$C_{\text{в.м.}} = 0,01 \cdot C_{rj} = 0,01 \cdot 67800 = 678 \text{ руб.} \quad (37)$$

где: C_{rj} - стоимость j -го оборудования.

Затраты на текущий ремонт рассчитываются по формуле:

$$C_{Т.Р.} = \frac{Ц_{бал} \cdot H_{Т.Р.}}{100} = \frac{67800 \cdot 5}{100} = 3390 \text{ руб.}, \quad (38)$$

где: $Ц_{бал}$ - балансная стоимость j -го вида оборудования; $H_{Т.Р.}$ - норма отчислений на текущий ремонт.

Годовые эксплуатационные затраты на аналог совпадают.

Статьи годовых эксплуатационных затрат сведены в таблицу 6.8

Таблица 6.8 - Статьи годовых эксплуатационных затрат

Статья затрат	Сумма затрат, руб
Заработная плата обслуживающего персонала	0
Амортизационные отчисления	7836,6
Затраты на электроэнергию	379,6
Затраты на вспомогательные материалы	678
Затраты на текущий ремонт	3390
Итого:	12284,2

Эксплуатационные затраты на разработанную систему составляют 12284,2 рублей.

6.10 Оценка экономической эффективности проекта

В последние годы цифровая обработка и цифровой анализ изображений находят все большее применение в различных областях науки и техники, таких как интеллектуальные робототехнические комплексы, системы промышленного контроля, системы управления движущимися аппаратами, обработка данных дистанционного зондирования, биомедицинские исследования, новые технологии обработки документов и множество других.

Техническое (компьютерное, машинное) зрение охватывает круг инженерных технологий, методов и алгоритмов, связанных с задачей интерпретации сцены наблюдения по ее двумерным проекциям (изображениям), а также как практическое использование результатов этой интерпретации. Стоит отметить, что в отличие от других методов изучения окружающего пространства техническое зрение как комплекс мер по ориентации в нем и по идентификации объектов считается наиболее универсальным. Таким образом, наличие органа зрения у машины, которая претендует на автономное поведение, на сегодняшний день является, строго говоря, обязательным. Из всего выше сказанного можно сделать вывод о том, что разработка данного проекта является экономически обоснованной.