

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( **Н И У « Б е л Г У »** )

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И  
ТЕХНОЛОГИЙ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ НЕПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В  
СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ: КАЛИБРОВКА  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02  
Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
очной формы обучения, группы 07001411  
Цуркана Арсения Николаевича

Научный руководитель  
канд. техн. наук, доцент  
кафедры  
Информационно-  
телекоммуникационных  
систем и технологий  
НИУ «БелГУ»  
Старовойт И.А.

Рецензент  
Заместитель директора ООО  
«НПП «ЭИТ» БелГУ»  
Головки М.В.

БЕЛГОРОД 2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(НИУ «БелГУ»)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
Направление 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
Профиль «Сети связи и системы коммутации»

Утверждаю  
Зав. кафедрой

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

## **ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Цуркан Арсений Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема ВКР «*Определение координат неподвижных объектов в системах видеонаблюдения: калибровка инструментальных средств*»

Утверждена приказом по университету от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Срок сдачи студентом законченной работы \_\_\_\_ . \_\_\_\_\_

3. Исходные данные к работе:

Многоканальная оптическая (стерео) система с изменяемой базой от 0.1 м до 1 м  
Динамический диапазон не менее 60 дБ  
Разрешение изображения не менее 2 Мпкс  
Стенд для калибровки

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

4.1 Анализ существующих методов оценки технических характеристик и калибровки инструментальных средств систем видеонаблюдения

4.2 Определение структуры системы калибровки оптических каналов в системах стереозрения

4.3 Разработка алгоритма и программы калибровки оптических многоканальных измерительных систем

4.4 Проверка работоспособности программы

4.5 Технико-экономическое обоснование разработки системы калибровки инструментальных средств

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

5.1 Блок-схема алгоритма (А1, лист 1)

5.2 Программный код (Приложение А)

5.3 Технико-экономические показатели проекта (А1, лист 1)

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1. – 4.4	<i>канд. техн. наук, доцент кафедры ИТСиТ Старовойт И.А.</i>		
4.5	<i>канд. техн. наук, доцент кафедры ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

**Руководитель**

*канд. техн. наук, кафедры Информационно-телекоммуникационных систем и технологий», доцент  
НИУ «БелГУ» \_\_\_\_\_ Старовойт И.А.*

(подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КАЛИБРОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ.....	6
1.1 Методы калибровки технических характеристик многоканальных оптических систем.....	8
1.2 Оценка возможностей существующих многоканальных оптических систем (стереозрение).....	11
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВКИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	18
2.1. Структура существующих многоканальных оптических систем.....	18
2.2. Разработка структуры системы калибровки оптических каналов в многоканальных оптических системах.....	22
2.3. Исследование параметров законов распределения ошибок измерения координат объектов в многоканальных оптических системах.....	23
3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ КАЛИБРОВКИ ОПТИЧЕСКИХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	26
3.1. Алгоритм оценки параметров закона распределения , ошибок измерений в многоканальных (стерео) системах.....	26
3.2. Разработка алгоритма калибровки каналов измерительных оптических систем.....	27

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Цуркан А.Н			ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПОДВИЖНЫХ СИСТЕМАХ КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ	КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ: ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ				
Провер.		Старовойт И.А							2	47
Рецензент		Головко М.В.					НИУ «БелГУ», гр.07001411			
Н.Контрол		Старовойт И.А.								
Утв.		Жиляков.Е.Г								

3.3. Программная реализация алгоритмов.....	29
3.4 Проверка работоспособности программы.....	30
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ.....	37
4.1 Планирование работ по исследованию.....	31
4.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование.....	38
4.3 Расчет продолжительности исследования.....	39
4.4 Расчет стоимости расходных материалов.....	38
4.5 Расчет сметы расходов на исследование.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	44
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	46

## ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие информационно-телекоммуникационных систем и радиоэлектронной аппаратуры позволяет обрабатывать все больше и больше информации. Средства видеонаблюдения также подвергаются изменениям, происходит поиск более точных средств и методик калибровки этих устройств, а также их установки.

Для того чтобы подтвердить соответствие объекта предъявляемым требованиям специалисты должны иметь необходимые знания о методах и средствах контроля характеристик в области стандартизации, сертификации и управлении качеством.

Актуальность данной выпускной квалификационной работы заключается в том, что в современных условиях для решения задач типа измерение координат объектов, в том числе малоразмерных и малоподвижных. В оптическом диапазоне, наряду, с лазерными системами, определение координат объектов используются многоканальные системы видеонаблюдения (стерео). Для решения задач в таких системах, включая распознавание типов объектов и изменения координат объектов, необходимо иметь все каналы с идентичными характеристиками, чтобы избежать возникновения ошибок оценок характеристик объекта из-за разноканальности. Поэтому разработка системы калибровки технических характеристик каналов в многоканальных системах является актуальной.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка системы для калибровки многоканальной оптической системы видимого диапазона.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– проанализировать существующие характеристики многоканальных систем видеодиапазона и способы калибровки технических характеристик каналов

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

- разработать структуру и обосновать выбор элементов калибровки многоканальных оптических систем
- разработать алгоритм и программную реализацию автоматизированной калибровки многоканальных оптических систем
- провести проверку работоспособности разработанной программной реализации
- провести обоснование экономических расчетов системы калибровки многоканальных оптических систем

Решение перечисленных задач приведены в данной выпускной квалификационной работе, которая состоит из введения, четырех разделов, заключения и приложений. Работа выполнена на 47 листах. Содержит 5 таблиц и 18 рисунков.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

# 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КАЛИБРОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

В этом разделе будут рассмотрены некоторые методы калибровки технических характеристик оборудования многоканальных оптических систем, а также общие понятия об оценке технического состояния оборудования. Рассмотрим какими бывают многоканальные оптические системы и что они в себя включают.

Состояние оборудования, где в определенный момент времени при определенных условиях внешней среды заданные значения параметров соответствуют установленным регламентирующим документам является техническим состоянием. Внешняя среда влияет на оптические системы в случаях, если мы используем оборудование на улице.

Важным аспектом для оборудования является их работоспособность. Одним из этих аспектов является контроль состояния. Контролем технического состояния называется проверка соответствия характеристик оборудования требованиям, установленным документацией, и определение на этой основе одного из заданных видов ТС в данный момент времени.

Различают следующие виды технического состояния:

- хорошее – техническое обследование и ремонт не требуются;
- удовлетворительное – техническое обслуживание и ремонт осуществляются в соответствии с планом;
- плохое – проводятся внеочередные работы по техническому обслуживанию и ремонту;
- аварийное – требуется немедленная остановка и ремонт.

Чтобы установить действующее техническое состояние оборудования проводится техническое обследование на предмет дефектов и неисправностей которые могут привести к отказам оборудования. Это обслуживание может быть плановым , как профилактика, или внеплановым, если имеются явные

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				



неисправности или жалобы на оборудование. Технические обследования оборудования, эксплуатация которого регламентируется нормативными актами, проводится в порядке, установленном соответствующими нормативными актами.

Перед каждой сменой состояния стереопары проводится технический осмотр. Технический осмотр выполняется для наблюдения за техническим состоянием оборудования.

Техническое освидетельствование – это внешний и внутренний осмотр оборудования, проводимые в срок и в объёмах, в соответствии с требованиями документации, в том числе нормативных актов, с целью определения его технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации.

Совокупность действий по поиску дефектов и неисправностей оборудования, а также определения причин их появления называется техническим диагностированием.

Существует два метода оценки технического состояния оборудования:

– Субъективные методы – методы оценки технического состояния оборудования, при котором поиск неисправностей проводится поверхностно (визуальный осмотр, контроль температуры, анализ шумов и другие методы) и с использованием простых устройств и приспособлений. Серьезность неисправностей в данном случае определяется лишь человеком и его опытом.

– Объективный метод – подразумевает под собой оценку технического состояния путем использования специализированных устройств и приборов, ЭВМ, а также соответствующее ПО.

Порядок проведения осмотра оборудования включает в себя, последовательное обследование его элементов по кинематической цепи и их нагружения. Для этого необходимо знать конструкцию оборудования, состав и взаимодействие его элементов.

Начальная стадия включает общий осмотр оборудования и окружающих объектов. Изучается общая картина, которая может быть, как стандартной (часто фиксированной неисправностью), так и не типичной. Осмотр носит

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

самостоятельный характер и применяется в периодических проверках оборудования технологическим персоналом.

При детальном осмотре понимается детальная проверка конкретных элементов оборудования. В зависимости от требований соответствующих нормативным и методическим документам, осмотр имеет определенный порядок и объем. В любом случае детальный осмотр проводится после общего осмотра.

Данные проверки могут проводиться при статическом или динамическом режиме оборудования. Статистический режим являет собой оборудование в состоянии покоя (не работающем), в то время как динамический режим проводится на рабочей нагрузке, испытаниях или холостом ходу.

При выборе осмотра учитываются обстоятельства.

Под идентификацией дефектов и повреждений подразумевают соответствие неисправности к определенному классу или виду. Зная это, специалист может определить причины возникновения, степень влияния на оборудование.

Техническое состояние оборудование вносится в протокол, дающий точное описание объекта. Описание объекта происходит от общей характеристики к деталям. Полнота описания объекта зависит от значимости технического состояния. Приводятся ссылки на схемы и планы оборудования.

### **1.1 Методы калибровки технических характеристик многоканальных оптических систем**

Калибровка камер является одним из важнейших пунктов многоканальных оптических систем. Процесс калибровки можно разделить:

- выделение характеристических точек на изображениях;
- установление соответствия между точками;
- по установленным соответствиям между характеристическими точками

производится расчет внутренних и внешних параметров камер системы стереозрения;

Также для калибровки нужны эталонные стенды вида шахматная доска или белая панель с черными вставками.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		8

Набор двумерных изображений представлен во многих коммерческих продуктах, которые имеют свои недостатки (высокая стоимость, разработка продукта применима только для конкретного типа аппаратного обеспечения, закрытость применяемых программных решений) и имеющим свои решения. Оценка изменений и перемещения изображения в пространстве, разработка системы нивелирующих эти изменения имеет необходимость большой точности в двумерных изображениях.

Для определения достоверных и надежных точек при повороте шаблона относительно камеры и зашумленности изображения, можно составить алгоритм .

Данный алгоритм может включать в себя:

1) выделение области на рабочей зоне изображения, соответствующей калибровочному шаблону (либо использование полного изображения);

2) определение объектов-точек для проведения калибровки, соответствующих калибровочному шаблону в пределах зоны, выделенной при выполнении 1-го этапа;

3) определение принадлежности выделенных точек собирающим линиям сетки шаблона;

4) корректировка координат характеристических точек, принадлежащих узлам сетки, и удаление ложно выделенных точек.

Чтобы реализовать первый и второй этапы требуется выбрать алгоритм граничной сегментации изображения, он позволяет достоверно определить границы объекта, которые могут содержать в себе другие объекты имеющие перепад яркости, контрастности, резкости.

В свою очередь сегментация исходного изображения включает:

– Выделение границ объектов на изображении. Как правило, границы объекта определяются по скачкообразному изменению значения первой производной яркости. В то же время вторая производная является более чувствительной в случае малоконтрастных границ. По этой причине для выделения границ объекта следует использовать оператор Лапласа. Для

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				

получения бинарного изображения границ применяется пороговая фильтрация с порогом, равным нулю.

– Замыкание границ и выделение контуров объектов. Вследствие наличия слабовыраженных переходов от одного объекта к другому (от объектов к фону) на изображениях могут присутствовать их незамкнутые границы. Для их замыкания используются бинарные морфологические преобразования, так как данная операция проводится по бинарному изображению. Применение морфологической операции «замыкания» обеспечивает получение изображения с явно выраженными объектами, имеющими выделенные замкнутые границы, которые по принципу восьмисвязности преобразуются в контур объекта.

– Выбор объекта, наиболее соответствующего калибровочному шаблону. С учетом известных геометрических и пространственных свойств калибровочного шаблона формулируется критерий выделения соответствующего ему «объекта-шаблона» на изображении. На основе данных о количестве характеристических точек и площади массива точек рассчитывается площадь калибровочного шаблона. После анализа всех объектов на изображении остается только найти, какой «объект-шаблон» содержит количество «объектов-точек», наиболее близкое к заданному количеству.

– Выбор объектов, соответствующих характеристическим точкам. После того как выбран «объект-шаблон», необходимо удалить не принадлежащие ему характеристические точки («объекты-точки»). Свойства таких точек, в предположении, что это круги (в общем случае — эллипсы), могут быть охарактеризованы следующими параметрами:

- форма «объекта-точки»
- эксцентриситет «объекта-точки»

Этапы три и четыре основной задачи включают разделение «объектов-точек» на группы по определенным характеристикам, т.е. требуется разделить их в зависимости от принадлежности прямым. Отличия точек на принадлежащих собирающих линиях определяется методом последовательных приближений. Как точка относится к собирающей прямой определяется методом наименьших

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				

квадратов расстояний от точек к этой прямой. Из этого следует, что зависимость параметров собирающей прямой уменьшается по мере удаления точки от линии. Собирающие прямые делятся по вертикальным и горизонтальным направлениям. Следующим действием происходит дополнительная проверка «выравнивания» прямых по узлам сетки и восстановление потерянных точек, которые могут быть вызваны различными помехами, а также разными параметрами аппаратуры. Критерием точности, по которым оценивается точность выделения области шаблона и характерных точек, является применение значения среднего отклонения количества найденных точек от истинного, также требуется провести оценку точности определения координат характерных точек.

## **1.2 Оценка возможностей существующих многоканальных оптических систем (стереозрение)**

Стереозрение является одним из основных направлений машинного строения. Оно позволяет получить представление о глубине изображения и расстоянии до объектов, составить трехмерную картину окружающего мира.

За модель стереозрения можно взять то, как человек определяет расстояние и разницу объекта. Взгляд производится с двух точек (два глаза) они находятся на некотором расстоянии друг от друга и видят предмет под разными углами. По такому принципу, мы используем две камеры, работающие синхронно. Они получают изображения и с помощью специальных алгоритмов происходит анализ, чтобы воспроизвести трехмерную структуру объекта.

Рассмотрим ознакомительные сведения как работает стереозрение и понятия связанные с ним:

- проективная геометрия и однородные координаты
- модель камеры
- эпиполярная геометрия, фундаментальная и существенная матрицы
- триангуляция стереопары точек
- карта глубины, карта смещений и идея, лежащая в основе ее вычисления

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

В стереозрении большую роль играет геометрия, особенно проективная геометрия. К ней относятся несколько подходов:

– геометрический (ввод понятия аксиом, геометрических объектов и из них выводить все свойства проективного пространства)

– алгебраический

– аналитический (рассматривать все в координатах)

Возьмем двухмерное пространство или по другому проективную плоскость. В нем точки описываются не парой координат, а трехмерным вектором. Для любого ненулевого числа  $\lambda$ , вектор  $\lambda \cdot x$  соответствует одной и той же точке. А нулевой вектор не соответствует никакой точке и не рассматривается вовсе. Такое рассмотрение точек называется однородными координатами.

В точках проективной плоскости от однородных координат к обычным можно перейти с помощью деления координат вектора на последнюю компоненту и в дальнейшем ее отбрасывания. Обратное действие можно провести за счет дополнения координатного вектора единицей.

Прямые на проективной плоскости описываются так же как и точка, но трехкомпонентным вектором. Также как и точка, он определен с точностью до ненулевого множителя.

Точки трехмерного проективного пространства определяются четырехкомпонентным вектором однородных координат. А координаты вектора соответствуют одной точке для любого ненулевого числа.

Между точками трехмерного и трехмерного проективного пространства можно провести соответствие. Каждому вектору однородных координат соответствует точка пространства, можно сказать что она лежит в бесконечность.

Рассмотрим проективное преобразование. С точки зрения геометрии, проективное преобразование – это обратимое преобразование проективного пространства, которое переводит прямые в прямые. Оно выражается в виде невырожденной квадратной матрицы  $N$ , при этом переходя из координатного вектора  $x$  в координатный вектор  $x'$  по формуле :

$$x' = N * x \quad (1)$$

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		12

С помощью следующей модели можно хорошо описать современные камеры называемые проективными. Эта проективная камера определяется центром камеры, главной осью является луч находящийся в центре камеры и направленный в нужном направлении плоскости изображения – плоскостью на которую происходит проецирование точек и системой координат на этой плоскости. В этой модели, есть произвольная точка пространства которая проецируется на плоскость изображения в точку принадлежащей отрезку соединяющей центр камеры и исходную точку.

Эту формулу проецирования можно описать математической записью вида:

$$x = P * X \quad (2)$$

где  $X$  – однородные координаты точки пространства,  $x$  – однородные координаты точки плоскости,  $P$  – матрица камеры

$P$  матрица выражается:

$$P = K * R[I|c] = K[R|t] \quad (3)$$

где  $K$  – верхняя треугольная матрица внутренних параметров камеры,  $R$  – ортогональная матрица,  $I$  – единичная матрица,  $c$  – координаты центра камеры

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		13

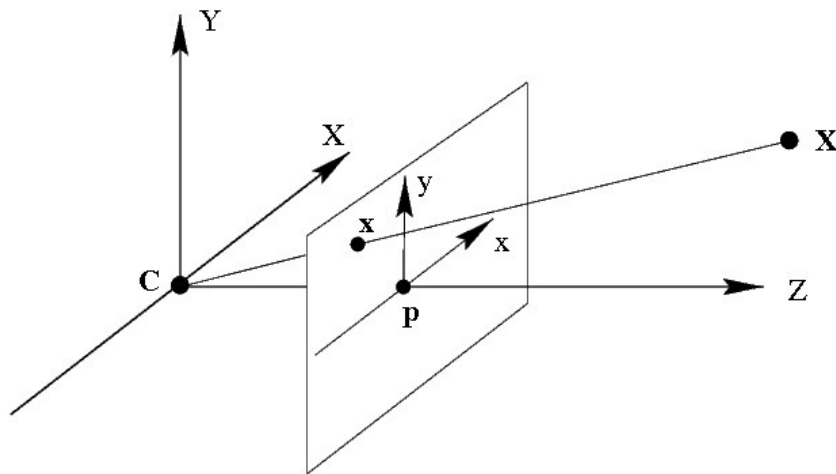


Рисунок 1 – Модель камеры

Следует выделить, что матрица камеры определена с точностью до постоянного ненулевого множителя. Что не влияет на проецирование точек по формуле:

$$x = P * X \quad (4)$$

Этот постоянный множитель зачастую выбирается так, чтобы матрица камеры имела вид, как описано выше.

Говоря о определении трехмерных координатах наблюдаемых точек, мы подразумеваем использование двух камер.

Калибровка данной пары камер, включает информацию о заданных  $P$  и  $P'$  обеих камер в системе координат. Можно сказать что эта пара откалибрована. Если центры камер не совпадают, то данную пару можно использовать для определения трехмерных координат точек.

Часто, систему координат выбирают так:

$$P = K[I|0] \quad (5)$$

$$P' = K'[R'|t'] \quad (6)$$

Этого можно достичь, выбрав начало координат совпадающее с центром камеры ( $P$ ), и направить ее ось вдоль оптической оси.

Калибровка камер обычно происходит, за счет неоднократной съемки калибровочного шаблона, на шаблоне должны выделяться ключевые точки, для



которых известны их относительное положение в пространстве. Следующим действием составляются и решаются системы уравнений связывающие матрицы камер, положения шаблонов в пространстве и координаты проекций.

Наглядные примеры компьютерной реализации алгоритмов калибровки является MATLAB, а также библиотеки OpenCV включающие в себя алгоритмы калибровки камер и поиск калибровочного шаблона.

В эпиполярной геометрии рассматривается как связываются положения проекций точки трехмерного пространства на изображениях обеих камер.

Возьмем две камеры как на рис.2,  $C$  – центр первой камеры,  $C'$  – центр второй камеры. Точка  $X$  проецируемая в  $x$  на плоскость изображения  $C$  и  $x'$  плоскости  $C'$ . Луч  $xX$  является прообразом точки  $x$ . Он проецируется на эпиполярную линию  $I'$ , в это время образ точки  $x'X'$  обязательно лежит на эпиполярной  $I$  второй камеры.

Из этого следует, что каждой точке  $x$  на камере  $C$  соответствует эпиполярная  $I'$  камеры  $C'$ . Аналогично каждой точке  $x'$  на камере  $C'$  соответствует эпиполярная линия  $I$ .

Эпиполярную геометрию применяют для поиска стереопар , а также для проверки того, что пара точек является стереопарой (проекцией точки пространства).

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				

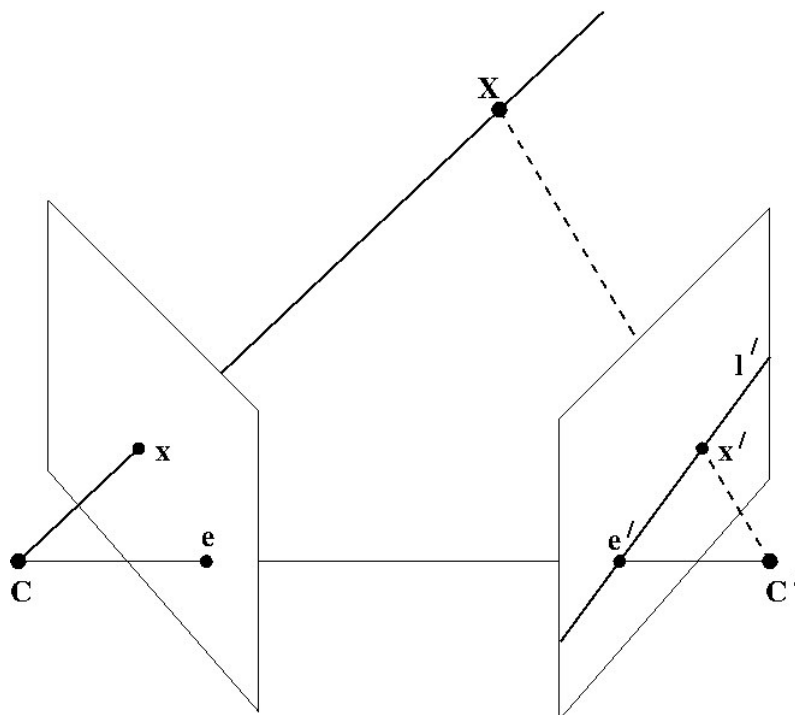


Рисунок 2 – Эпиполярная геометрия

Далее для определения трехмерных координат точек по координатам их проекций, требуется провести триангуляцию. После триангуляции можно составить карты глубин, изображения на которых каждому пикселю, вместо цвета, сохраняется его расстояние до камеры. Данные карты могут быть получены с помощью специальных камер, ли бо на стереопаре изображений.

Цель данной карты очень проста, для каждой точки на одном изображении выполняется поиск соответствующей ей точки на другом изображении. А по нескольким точкам можно провести триангуляцию и определить координаты прообраза в трехмерном пространстве. Зная эти данные, вычисляется глубина, как расстояние до плоскости камеры.

Поиск парной точки проводится на эпиполярной линии. Соответственно, для простоты поиска, изображения выставляются так, чтобы эпиполярные линии были параллельны сторонам изображения. Чтобы для каждой точки найти соответствующую ей парную точку в нужной строке изображения камер, нужно выровнять изображения, где для точки  $(x_0, y_0)$  соответствует эпиполярная линия задающаяся уравнением  $x=x_0$ . Данная процедура называется

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ректификацией, ее совершают путем ремеппинга изображения и ее свомещения с избавлением от дисторсий.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

## 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ КАЛИБРОВКИ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

### 2.1 Структура существующих многоканальных оптических систем

Получение координат объектов, включая дальность, может быть осуществлено с помощью двух или нескольких камер в многоканальных оптических системах. Входными данными могут быть не только отдельные изображения, но и видеоряд.

Большинство алгоритмов многоканальных оптических систем работают с полученными изображениями ректифицированных и калиброванных камер. Подобные действия проводятся персонально для каждой системы. В обычном режиме работы камеры, они закреплены неподвижно, находясь на одном уровне по высоте и дают возможность использовать сохраненные калибровки и повторно их реализовывать в дальнейшем.

В самом алгоритме оптических систем происходит определение расхождений по полученным изображениям с камер. От выбора алгоритма могут возникнуть некоторые проблемы синхронизации по времени (некоторые алгоритмы имеют время выполнения для разных изображений). Подобное необходимо учитывать при конечном выборе алгоритма. Чтобы правильно настроить работу алгоритма сетреозрения, требуется знать внутренние параметры камеры. Подобные калибровочные действия следует осуществить при первом запуске стереосистемы, а так же при смене камеры. Калибровка проводится вручную с помощью специальных шаблонов. Каждая камера калибруется отдельно. По итогу подобных действий определяются параметры камеры, которые можно сохранить и использовать в последующих калибровках.

Произвести вычисление соответствующих точек, в дальнейшем, можно с помощью одного из нескольких представленных алгоритмов определения:

- алгоритм разрезания графов
- корреляционный метод

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				

- выделение множества точек для построения модели
- глобальный алгоритм, основанный на динамическом программировании с применением DSI

- алгоритм распространения доверия

Алгоритм разрезания графов. Происходит выбор функций-потенциала  $V_{pq}$  или можно сказать, назначение условной вероятности для связи между переменными. Требуется, чтобы он имел неотрицательные значения, а также симметричным по аргументам. Наиболее распространенных вариантов является модель Поттса. Эта модель описывает взаимодействие спинов на кристаллической решетке:

$$V_{pq}(f_p, f_q) = v_{pq} * (1 - \delta(f_p - f_q)) \quad (9)$$

где  $\delta$  – символ Кронекера,  $v_{pq}$  – штраф за нарушение гладкости функции расхождения.

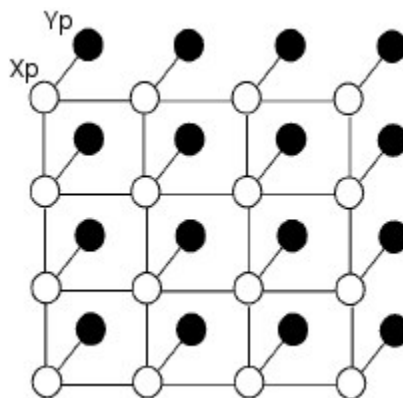


Рисунок 3 – Взаимодействие спинов

Минимизация происходит за счет уменьшения разрезов графов. Производится минимизация энергии графов, за счет присвоения некоторым величинам других значений. С помощью подобных операций пытаемся минимизировать графы без потери энергии.

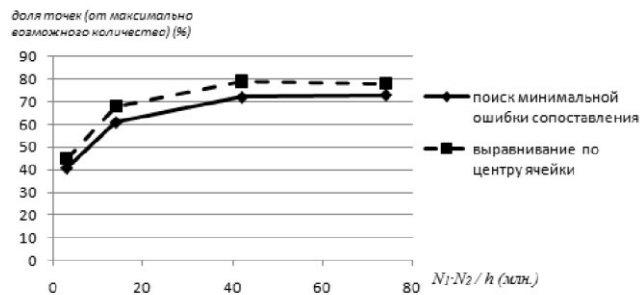
Корреляционный метод. Данный метод проводит степень связи между двумя переменными. Предположим  $x$  и  $y$  – переменные, со своими  $n$  объектами.

Отмечаем точку соответствующую  $x$  и  $y$  объекта, на двумерном графике. Разместим точки  $x$  и  $y$  для всех объектов на графике, получим график рассеивания точек, что является соотношением между переменными  $x$  и  $y$ .

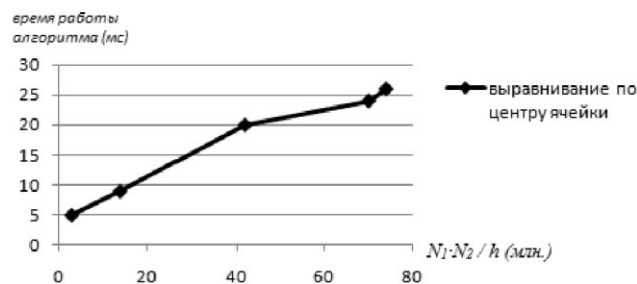
Коэффициент корреляции Пирсона. Отношение  $x$  и  $y$  линейное, аппроксимация соотношения наблюдается за счет этой прямой проходящей через большое скопление точек. Измеряем близость точек к линии за счет вычисления коэффициента корреляции Пирсона описывающие их линейное соотношение.

Выделение множества точек для построения модели. Множество точек карты диспаритетов для изображений разного качества превышает необходимое количество для построения модели. Для построения в реальном времени достаточно выборки из этого множества, по которым можно будет возвести трехмерную модель. Количество точек влияет на детализацию модели, из этого можно сделать вывод, что критерием можно взять равномерность распределения точек. Можно поделить полученную карту диспаритетов на области, в которых можно оставлять только одну точку. Выбирать какую точку оставлять, можно путем определения ее удаления от центра области, чем ближе тем лучше. На изображении можно выделить , что сокращение входных объемов вдвое , не влияет на его выходной объем. Ячейки не входящие в области диспаритетов, можно использовать линейную интерполяцию и экстраполяцию.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		20



(а)



(б)

Рисунок 4 – Пример точек диспаратетов

Глобальный алгоритм, основанный на динамическом программировании с применением DSI. Воспользуемся помощью конструкции DSI, условием для ее использования является ректификация изображения. Возьмем  $L$  и  $L1$  как соответствующие  $i$ -е строки двух изображений.  $A(x,y)$  и  $B(x,y)$  – функции интенсивности. Тогда:

$$DSI_i(x, d) = ||A(x, i) - B(x - d, i)|| \quad (10)$$

где  $d$  –расхождение изображения.

Второй способ подразумевает под собой использование величины, состоящей из значений корреляции вокруг точек, в данном варианте окна выбираются адаптивно. Отбрасываются строки противоречащие  $d$  и в итоге задача сокращается до определения оптимального пути по двумерной матрице. Типы движения бывают : горизонтальными, вертикальными и диагональными , при этом им назначается «штраф». Стоит отметить что если матрица не симметричная, стороны будут приравниваться к наименьшей из них.

Алгоритм распространения доверия. Способ решения задач апостерирной вероятности при условии отсутствия циклов. В случайных полях Маркова, каждой случайной переменной левого изображения присваивается MRF. Соседними узлами будут соседние пиксели.

Такая модель содержит множество циклов , поэтому начали использовать другой вариант игнорирующий эти циклы. Такой алгоритм при работе со случайными вероятностями может не иметь сходимости вообще, действия итеративны. В случае сходимости, она происходит в точке аппроксимации и совпадает , в случае отсутствия циклов.

## **2.2 Разработка структуры системы калибровки оптических каналов в многоканальных оптических системах**

Процесс составления стереопары подразумевает использование камер. В случае работы с бюджетными камерами, появляется ряд новых задач требующих разрешения. К ним относится синхронизация камер и их калибровка. Выбор времени калибровки выбирается отдельно, в зависимости от условий эксплуатации и технических характеристик.

Множественная съемка шаблона разрешает настроить камеру , причем чем больше изображений, тем лучше калибровка.

Как и говорилось ранее, процесс калибровки можно разделить:

- определение объектов-точек на изображении;
- подтверждение совпадения данных объектов-точек;
- Используя характеристики точек, произвести калибровку камер

Происходит выбор ключевых точек в пространстве. В свою очередь, определение объектов-точек можно посчитать вручную, а также можно использовать алгоритмы определения границ, изменения цвета и других параметров по которым будет производиться калибровка.

Следующий этап – подтверждения объектов. Зависимость точности калибровки напрямую зависит от количества снимков. За счет нормально закона распределения случайных величин можно посчитать математическое ожидание и

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

11070006.11.03.02.333.ПЗВКР



дисперсию. Результат станет подтверждением схожести объектов, чем он ближе, тем схожесть изображений больше больше.

Калибровка камер может производиться разными способами. Простейший вариант выбора идентичных аппаратов и настройку одинаковых параметров. Другой же вариант подразумевает использование разных камер. Путем определения параметров каждой камеры, найти разность по каждому и нивелировать их с эталоном.

### **2.3 Исследование параметров законов распределения ошибок измерения координат объектов в многоканальных оптических системах**

Сталкиваясь с определением координат привязываемых точек, есть проблема работы с ошибками направления и дальности. Они имеют разную направленность, а так же их абсолютные величины отличаются. Данные ошибки называются ошибками-векторами. Это смещение точки при измерении приборами (такими как навигатор и т.п.).

Подобные ошибки при многократных измерениях образуют векторы, которые подчиняются, в зависимости от условий, разным законам распределения. Векториальная ошибка – это система ошибок которое имеет одно направление. Две или более векториальных ошибки, образуют систему векторов в области. Система подчиняется эллиптическому закону в случае, если векторы подчиняются нормальному закону распределения. Их же систему называют эллиптическими ошибками.

При использовании дальномерных приборов и аппаратуры навигации, определению координат сопутствуют эллиптические ошибки. Зачастую итогом является точность определения координат по частному случаю, круговой ошибке. И имеется надобность замены эллиптической ошибки на эквивалентную ей, этой круговой ошибке.

Оценивая свойства законов распределения случайной величины за единицу измерения берется момент. Интересующие нас параметры, это положение

случайной величины, среднее значение, указывающее на расположение, т.е в какой области она находится, называемая математическим ожиданием.

Формулой первого момента  $M(X)$  является:

$$M[X] = \sum_{i=1}^n X_i P_i \quad (7)$$

где она находится суммой произведений значений дискретной случайной величины  $X$  на вероятность этих значений  $P$ .

Далее рассматривается дисперсия, как второй момент случайной величины и характеризуется рассеиванием значений случайной величины  $M(X)$ . Дисперсия показывает мощность рассеивания, благодаря разности квадратов случайных величин.

$$D[X] = \int_{-\infty}^{\infty} (X - M[X])^2 \times P(X) dx \quad (8)$$

Моментом номер три рассматривают асимметрию (медиану распределения). Все симметричные относительно  $M(X)$  законов распределения равны нулю.

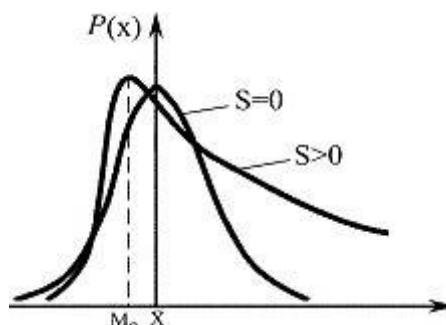


Рисунок 5 – Пример асимметрии сигнала

Результатами измерений зачастую имеют случайную погрешность. В следствии чего, большинство измерений требуют указания не только на полученный результат, но и на их погрешность. Желательно указание порога погрешности измерений, при котором проводились измерения.

Нормальный закон распределения, также он называется законом распределения Гаусса. Зачастую выбирается данный закон распределения. За счет

того, что данный закон является предельным законом, которому соответствуют и другие законы распределения при схожих условиях.

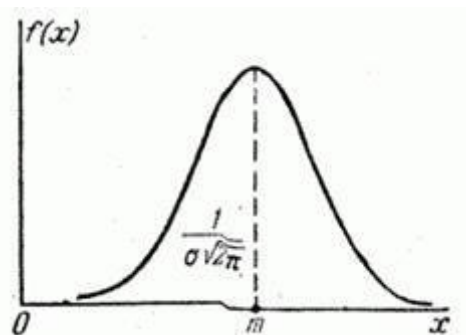


Рисунок 6 – Нормальный закон распределения

Чем больше случайных величин рассматривает нормальный закон распределения, тем точнее результаты будут. На практике множество рассматриваемых случайных величин совмещают себе сумму множества малых величин – элементарных ошибок. Данные ошибки могут быть вызваны разными раздражителями, помехами и т.п. Но каким бы законом не рассматривались мелкие ошибки, они нивелируются за счет своего количества.

Для статистической оценки применяется:

$$M[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (9)$$

$$D[X] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - M[X])^2 \quad (10)$$

### 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ КОЛИБРОВКИ ОПТИЧЕСКИХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

#### 3.1 Алгоритм оценки параметров закона распределения , ошибок измерений в многоканальных (стерео) системах

Корректная работа стереопары требует неподвижность камер по линии их расположения , будь то горизонталь или вертикаль. В нашем случае для калибровки, наши камеры фиксированы с одной точки, для того чтобы вычислить по каким элементам мы будем калиброваться.

Камеры имеют разную чувствительность к свету, резкость, насыщенность и подобные параметры,но имеют одинаковую размерность. Поэтому для того чтобы доказать схожесть изображений нам достаточно посчитать математическое ожидание и дисперсию. Если математическое ожидание может быть не совпасть, то дисперсия должна иметь близкие значения.

Найдем математическое ожидание двух изображений:

$$M[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 174 \quad (11)$$

$$M[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 196 \quad (12)$$

Найдем дисперсию для двух изображений:

$$D[X] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - M[X])^2 = 232 \quad (13)$$

$$D[X] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - M[X])^2 = 217 \quad (14)$$

Изображение состоит из множества пикселей, а точнее 1200x1600 пикселей. Поэтому можем считать результат достаточно точным для подтверждения сходства изображений.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		26

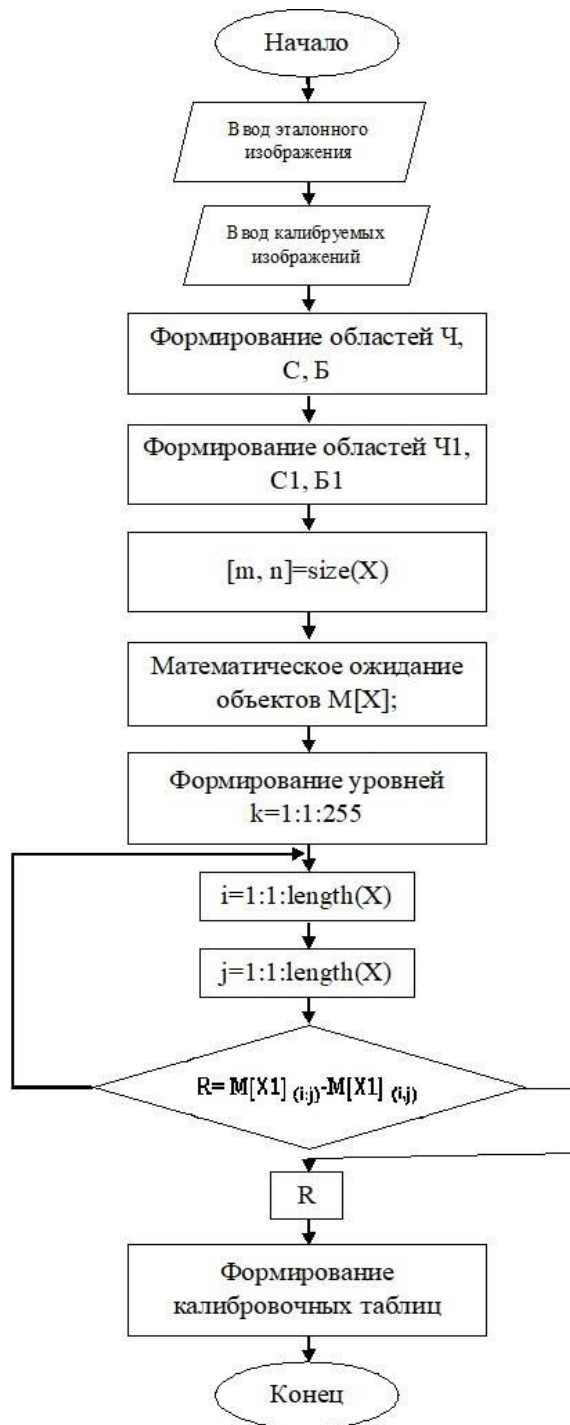


Рисунок 7 – Алгоритм оценки параметра закона распределения изображения

### 3.2 Разработка алгоритма калибровки каналов измерительных оптических систем

Работа многоканальных оптических систем требует настроить две камеры к одним параметрам. Данный алгоритм предполагает нивелировать разность параметров камер, за счет разности математического ожидания и дисперсии эталонных объектов, matlab то есть выравнивания входных изображений к эталонному (эталонный выбирается в ручную).

Устанавливаем эталонное изображение и к нему подгружаем изображение требуемое сравнения. Чтобы уменьшить нагрузку на компьютер, а также уменьшить количество цветовых характеристик, переводим изображения в оттенки серого. Для подтверждения схожести изображения требуется вычислить их математическое ожидание ( $M(X)$ ) и дисперсию ( $D(X)$ ).

Данные ( $M(X)$ ) и ( $D(X)$ ) формируются в таблицу которая хранится в памяти. Следующим действием будет определение отличия каждого пикселя входного изображения к эталонному. Получив разность мы имеем динамическую переменную которой отличаются изображения, которая может быть как положительной так и отрицательной. Затем чтобы выровнять входное изображение к эталонному требуется добавить эту переменную каждому пикселю входного изображения. Данные этапы и являются калибровкой камер результаты которых можно сформировать в близкое изображение к эталонному.

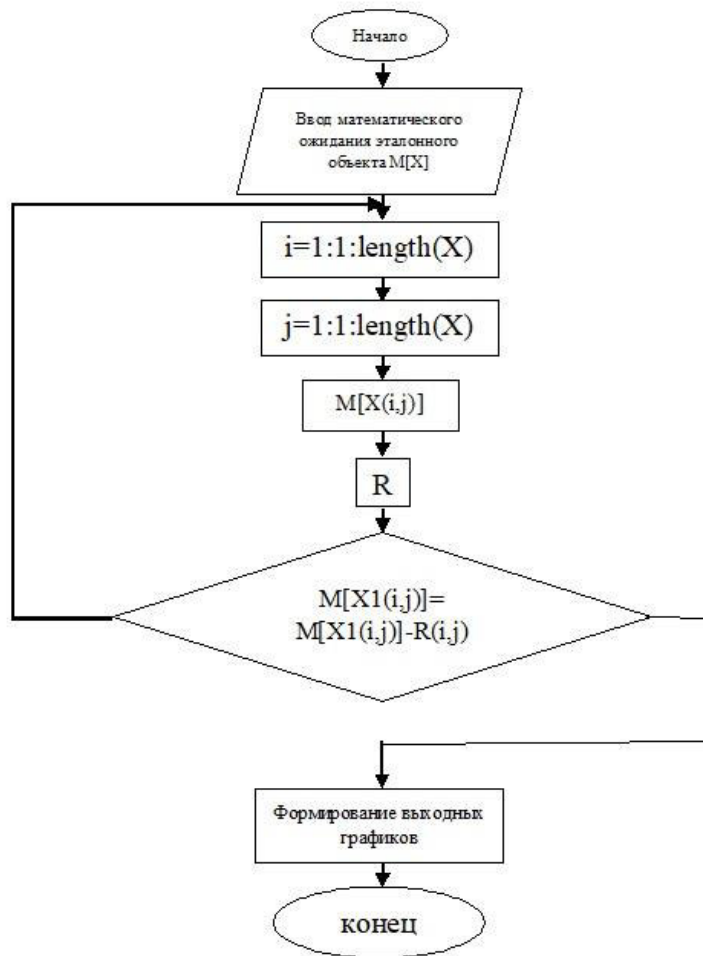


Рисунок 8 – Алгоритм калибровки каналов измерительных оптических систем

### 3.3 Програмная реализация алгоритмов

Програмная реализация алгоритма калибровки инструментальных средств (камеры) в оптических системах (стереозрение) пройдет в среде MATLAB (матлаб).

Матлаб – содержит в себе пакет прикладных программ с помощью которых возможны решения задач технических вычислений и имеет свой язык программирования. Написанные программы можно использовать, как функции имеющие свое место хранения информации (результатов, входные и выходные параметры) и скрипты.

Зачастую работа происходит с матрицами и векторами, поэтому матлаб содержит множество возможностей для работы с ними.

За счет того, что матлаб содержит большое количество средств для работы с алгоритмами в разных пространствах, он широко распространен. Имеет возможность работы подпрограмм, которые в свою очередь дают возможность работать с другими языками программирования.

Одной из подпрограмм является Computer Vision System Toolbox (CVST). Она содержит алгоритмы для работы с системами компьютерного зрения, которое включает в себя и стереозрение. В нем содержатся методы выявления деталей, обнаружения, детектирования, отслеживания объектов в фото и видео файлах. Они представлены функциями матлаб, а также подпрограмм, таких как Simulink (симулинк).

CVST позволяет работать с:

- Стереозрением
- Объединением изображений
- Детектирования объектов на фото и видео
- Стабилизация видеопотоков

Данная платформа достаточно широко распространена в мире, в том числе и данном ВУЗе. Поэтому матлаб был выбран средой разработки для алгоритма калибровки камер многоканальных оптических систем.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.333.ПЗВКР				

### 3.4 Проверка работоспособности программы

Этот пункт рассматривает разработанный алгоритм калибровки камер многоканальных оптических систем.

Расположение объектов должно находиться в пределах видимости первой и второй камеры для корректной калибровки камер.

Требуется запечатлить макет, для этого используем команды:

```
clc
clear
A=imread('D:\ORI.jpg');
B=imread('D:\ORI2.jpg');
figure
subplot(1,2,1),imshow(A);
subplot(1,2,2),imshow(B);
```

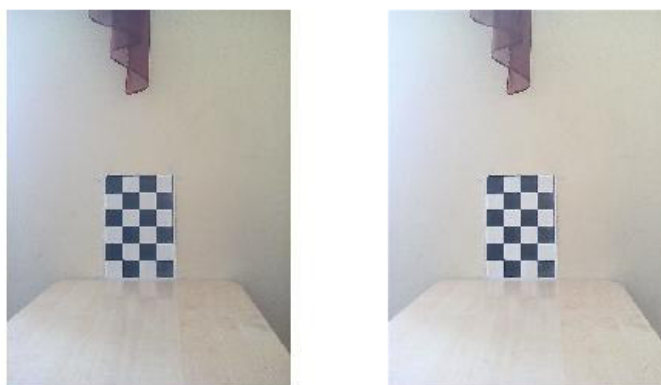
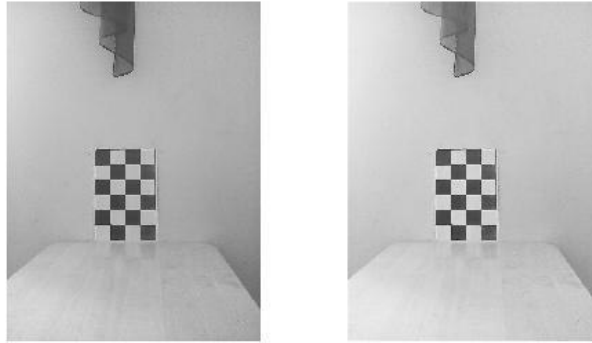


Рисунок 9 – Исходные изображения объектов ORI и ORI2

```
A=rgb2gray(A); %перевод в оттенки серого
B=rgb2gray(B); %перевод в оттенки серого
```





**Рисунок 10 – Перевод изображения в оттенки серого**

Расчитаем математическое ожидание и дисперсию объектов:

```

mx1=mean(X); %мат.ожидание объектов 1 изображения
mx2=mean(Y);
mx3=mean(Z);
d1=var(mx1); %дисперсия объектов 1 изображения
d2=var(mx2);
d3=var(mx3);
mx11=mean(X1); %мат.ожидание объектов 2 изображения
mx22=mean(Y1);
mx33=mean(Z1);
d11=var(mx11); %дисперсия объектов 2 изображения
d22=var(mx22);
d33=var(mx33);

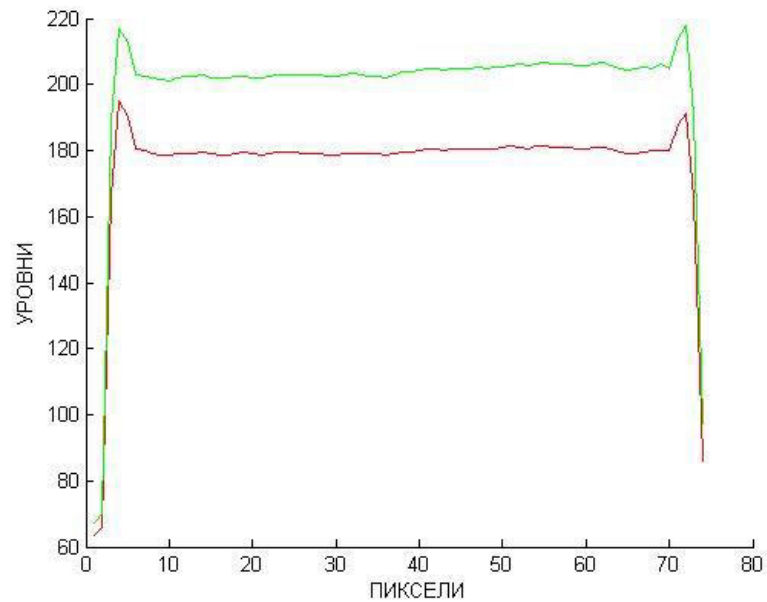
```

Построим графики отличий полученных уровней эталонных объектов первого и второго изображения:

```

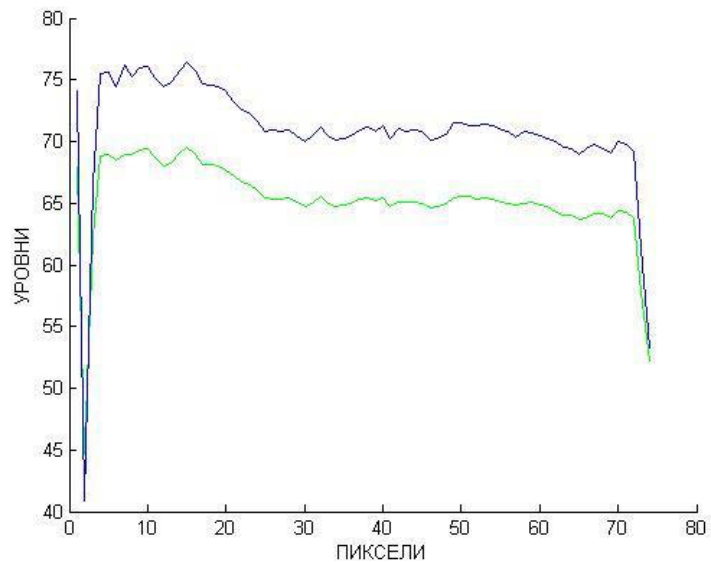
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx1,'r'); %задаем мат.ожидание эталонного объекта красной линией
plot(mx11,'g'); %задаем мат.ожидание входящего объекта зеленой линией
hold off

```



**Рисунок 11 Отличие первого эталонного объекта**

```
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx2,'g'); %задаем мат.ожидание эталонного объекта зеленой линией
plot(mx22,'b'); %задаем мат.ожидание входящего объекта синей линией
hold off
```



**Рисунок 12 Отличие второго эталонного объекта**

```
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx3,'b'); %задаем мат.ожидание эталонного объекта синей линией
plot(mx33,'r'); %задаем мат.ожидание входящего объекта красной линией
```

hold off

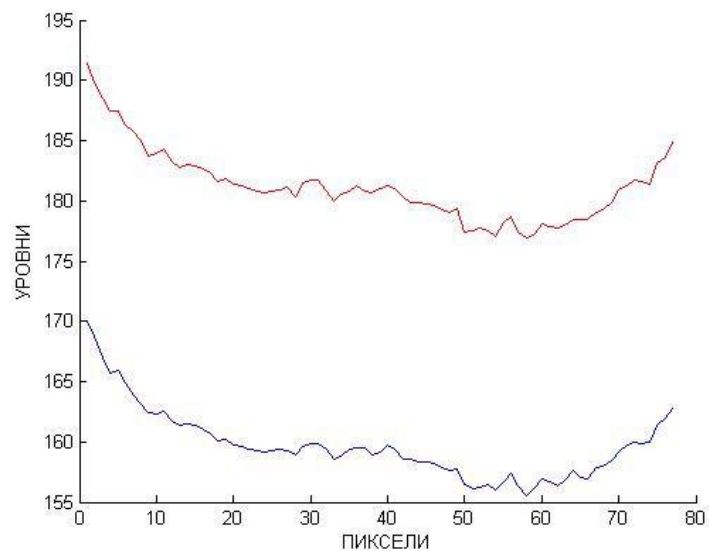


Рисунок 13 Отличие третьего эталонного объекта

На рис.14 можно наблюдать, как изменяется уровни в зависимости от объекта.

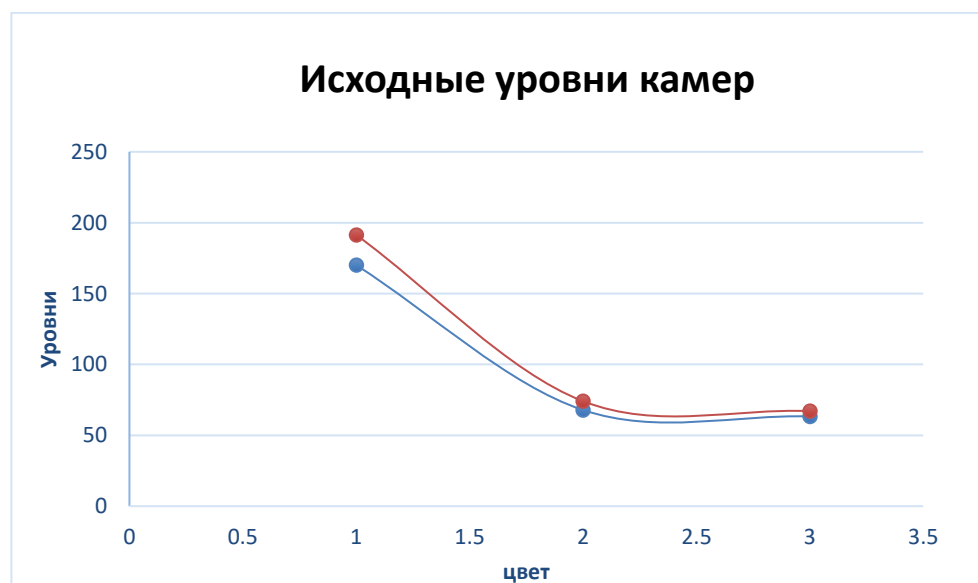


Рисунок 14–Изменение уровней объектов в зависимости от цвета

– Синий – зависимость уровней от объекта калибровки эталонного изображения

– Красный – зависимость уровней от объекта калибровки входящего изображения

Вычислим к разницу эталонных и изменяемых объектов изображений:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

11070006.11.03.02.333.ПЗВКР

Лист

33

```
k=mx1-mx2; %к-разница эталонных объектов
```

Чтобы провести калибровку требуется добавить каждому значению  $M[X]$ , приравниваемого объекта входящего изображения, найденный модуль  $k$  на графиках построенных эталонных и калибровочных объектов:

```
for i=1:1:length(X);  
    mx111=mx11+k1;  
end  
for i=1:1:length(Y);  
    mx222=mx22+k2;  
end  
for i=1:1:length(Z);  
    mx333=mx33+k3;  
end
```

Результат вывести на графики, чтобы убедиться, что калибровка прошла успешно:

```
figure; %выводим отличие мат.ожиданий  
clf;  
hold on  
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');  
y=ylabel('УРОВНИ');  
plot(mx1, '-r'); %задаем мат.ожидание эталонного объекта красной линией  
plot(mx11, '--g'); %задаем мат.ожидание приравниваемого объекта зеленой  
пунктирной линией  
hold off
```

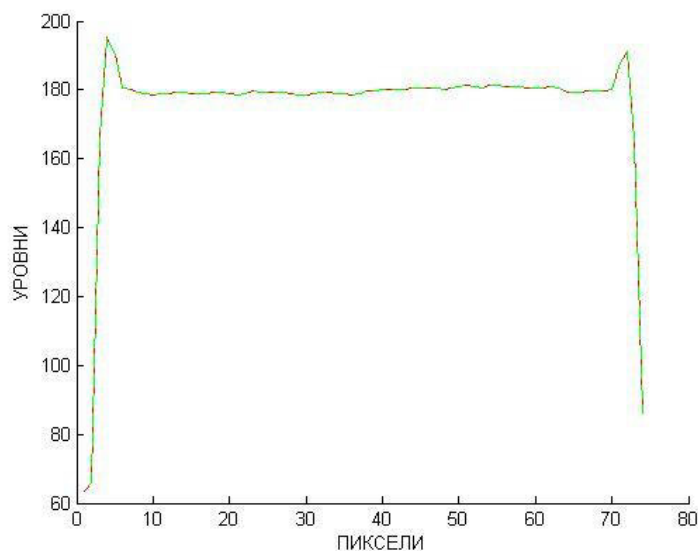


Рисунок 15 Выходной график первого калиброванного объекта

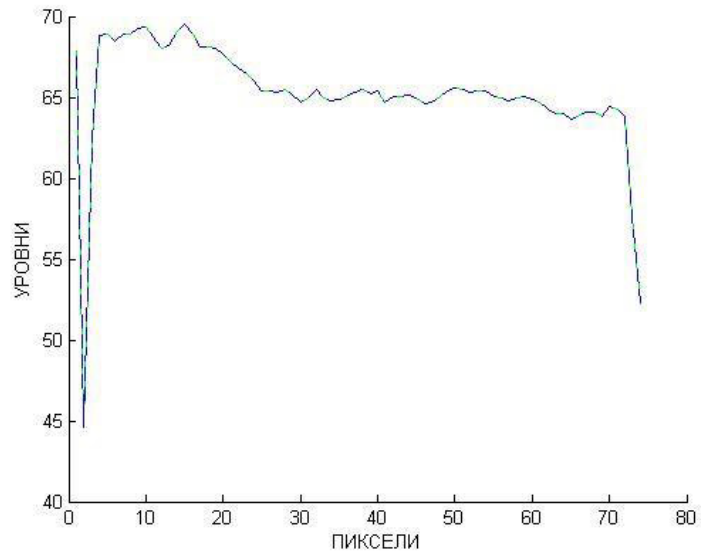
```
hold on  
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
```

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		34

```

y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx2,'g');
plot(mx222,'--b');
hold off

```

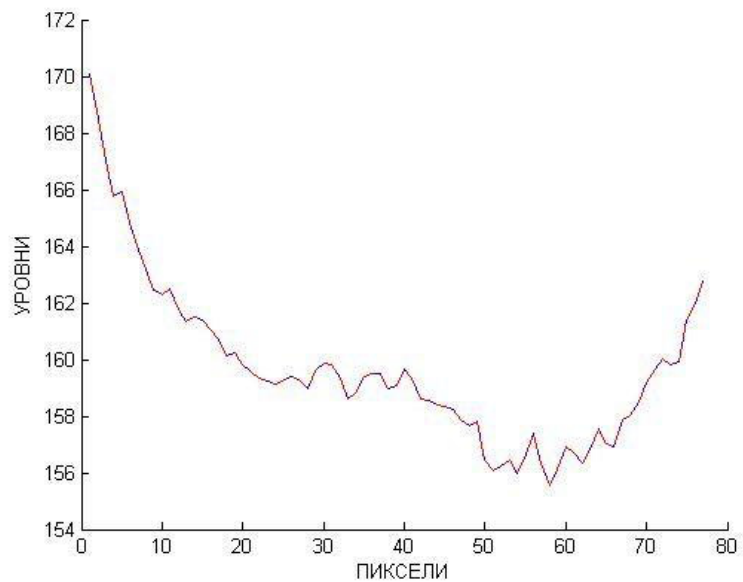


**Рисунок 16–Выходной график второго калиброванного объекта**

```

figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx3,'b');
plot(mx333,'--r');
hold off

```



**Рисунок 17–Выходной график третьего калиброванного объекта**

Общая картина изменения характеристик многоканальных оптических систем можно наблюдать на рис.18.

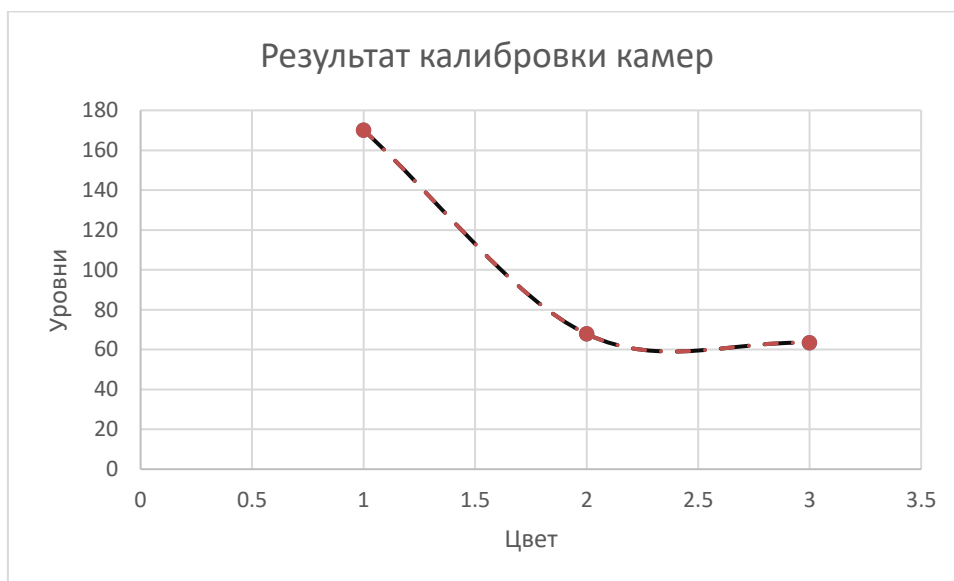


Рисунок 18–Результат калибровки камер

– Пунктирная красная - зависимость уровней откалиброванного объекта входящего изображения

– Пунктирная черная - зависимость уровней объекта эталонного изображения

Убедившись в правильном результате вычислений можно формировать калиброванное изображение. Таким образом цель данной ВКР достигнута, а именно разработка системы для калибровки многоканальной оптической системы видимого диапазона.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

## 4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ

### 4.1 Планирование работ по исследованию

Реализация разработки алгоритма калибровки инструментальных средств в системах видеонаблюдения осуществляют следующие представители:

–старший преподаватель, производит консультации и контроль работы студента;

–студент-практикант проводит анализ информации, осуществляющий разработку алгоритмов, осуществляющий требуемые расчеты, составляющий техническую документацию, а также проводит экономическую оценку темы ВКР.

Сроки трудоемкости и проведения анализа и разработки представлен в табл.2.

**Таблица 1 Планирование работ по исследованию**

Наименование этапов работ	Исполнитель	Трудоемкость, час	Продолжительность, дней
1	2	3	4
Подготовительный			
1.1 Сбор информации	Студент-практикант	60	3
1.2 Выработка идеи	Старший преподаватель	18	1
1.3 Определение объема исследовательских работ	Студент-практикант	4	1
1.4 Формирование исследовательской работы	Студент-практикант	6	2
1.5 Обработка и анализ информации	Студент-практикант	100	7
Итого:		188	15
2. Основной (экономический анализ)			
2.1 Обоснование целесообразности работы	Старший преподаватель	16	1
2.2 Выполнение работы	Студент-практикант	168	7
Итого:		184	8

### Окончание таблицы 1

1	2	3	4
3.Заключительный			
3.1 Техничко экономическое обоснование	Студент-практикант	10	2
3.2 Оформление и утверждение документации	Студент-практикант	8	2
Итого:		18	4

Расчеты трудоемкости, анализа и разработки ВКР по часам и количеству дней. Представлена численность персонала, осуществляющие анализ и разработку алгоритмов темы ВКР.

#### 4.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование

Производится расчет расходов на оплату труда анализа и разработки алгоритмов представлен в табл.3.

**Таблица 2 Расчет расходов на оплату труда**

Должность исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад
1	2	3
Старший преподаватель	32	17000
Студент практикант	358	–
Итого:	390	17000

Ставка старшего преподавателя по часам:

$$Ч_{тс} = \frac{P}{F_{мес}} = \frac{17000}{176} = 96.6 \quad (15)$$

где  $F_{мес}$  – фонд рабочего времени месяца, , составляет 176 часов (22 рабочих дня по 8 часов в день);  $P$  – оклад сотрудника.

Расход на оплату труда ( $P_{от}$ ):

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист 38
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		



$$P_{от} = Ч_{тс} \times T_{сум} = 96.6 \times 32 = 3091 \quad (16)$$

где  $T_{сум}$  – суммарная трудоемкость каждого из исполнителей.

**Таблица 3 Расчет расходов на оплату труда**

Должность исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад, руб	$Ч_{тс}$ , руб/час	$P_{от}$ , Руб
1	2	3	4	5
Старший преподаватель	32	17000	96.6	3091
Студент практикант	358	–	–	–
Итого	390			3091

### 4.3 Расчет продолжительности исследования

Расчет трудоемкости работы составила 390 часов.

Продолжительность анализа и разработки алгоритмов составит:

$$T_{иссл} = \frac{T_{сум}}{T_{рд}} = \frac{390}{8} = 48,75 \quad (17)$$

где  $T_{сум} = 390$  часов – суммарная трудоемкость исследования;  $T_{рд} = 8$  часов – продолжительность рабочего дня.

Длительность анализа и разработки алгоритмов составляет 49 дней, расчет производится без учета выходных и праздничных дней.

### 4.4 Расчет стоимости расходных материалов

Данный раздел содержит стоимость расходных материалов, учитывая расходы на приобретение основных материалов необходимых для проведения исследования, оформление соответствующей документации, а также учитывается стоимость картриджа.

**Таблица 4 Стоимость расходных материалов**

Наименование расходных материалов	Цена за единицу, руб	Количество, шт	Сумма, руб
1	2	3	4
Бумага	2	75	150
Ручка	10	1	10
Расходные материалы для принтера (картридж)	1500	1	1500
Ватман	276	1	276
Планшет Prestigio WIZE 3131	5600	1	5600
Смартфон HIGHSCREEN Boost SEPro	12000	1	12000
Ноутбук Dell	46000	1	46000
Файл	2	5	10
Скоросшиватель	250	1	250
Итого:			65796

Для проведения анализа и разработки алгоритмов на приобретение расходных материалов требуется 65796 рублей.

#### **4.5 Расчет сметы расходов на исследование**

Произведем расчет общих расходов на анализ и разработку алгоритмов, с учетом часовой тарификации старшего преподавателя. Расчет включает в себя страховые взносы, а также не включает премиальные выплаты и районный коэффициент, т.к. при данных работах они не предусмотрены. Составим смету оценки затрат на анализ и разработку алгоритмов стереосистем.

Произведем расчет расходов:

$$ПВ = P_{от} \times K_{ПВ} = 3091 \times 1 = 3091 \text{ руб.} \quad (18)$$

где  $K_{ПВ}$  – коэффициент премиальных выплат, составляет 20%, в случае если премии не предусмотрены (как в нашем случае)  $K_{ПВ} = 1$ .

Дополнительные затраты на проведение исследования можно определить как:

$$З_{\text{доп}} = P_{\text{от}} \times K = 3091 \times 14\% = 3091 \times 0,14 = 432,74 \text{ руб.} \quad (19)$$

где  $K$  – коэффициент дополнительных затрат ( $K=14\%$ ).

Заработная плата может включать районный коэффициент, который предусматривает доплату при работе в трудных условиях. В данной работе таковых не имеется.

Общие расходы на оплату труда вычисляются по формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{от}} + ПВ + РК + З_{\text{доп}} = 3091 + 432,74 = 3523,74 \text{ руб} \quad (20)$$

где  $P_{\text{от}}$  – основная заработная плата; ПВ – премиальные выплаты;  $З_{\text{доп}}$  – дополнительные затраты; РК – районный коэффициент.

Из табл.5. берется итоговая сумма стоимости расходных материалов по статье расходных материалов:

$$\Sigma P_{\text{рм}} = 65796 \text{ руб.} \quad (21)$$

Страховые взносы:

$$СВ = P_{\text{от}} \times 0,3 = 3091 \times 0,3 = 927,3 \quad (22)$$

Амортизационные исчисления на использование компьютера. В данном примере они составляют 25% от стоимости компьютера.

$$АО = C_{\text{ПК}} \times 0,25 = 46000 \times 0,25 = 11500 \text{ руб.} \quad (23)$$

Расходы на использование интернета берутся из расчета месячной абонентской платы для предприятия.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		41

$$P_{\text{инт}} = 350 \text{ руб.} \quad (24)$$

Административно-хозяйственные расходы составляют 50% от основной заработной платы ( $P_{\text{от}}$ ).

$$P_{\text{ах}} = P_{\text{от}} \times 0,5 = 3091 \times 0,5 = 1545,5 \text{ руб.} \quad (25)$$

Результаты расходов сведем в табл.6. Смета расходов на разработку и проведение исследования.

**Таблица 5 Смета расходов на разработку и проведение анализа и разработки алгоритма**

Наименование статей расходов	Сумма, руб.	Удельный вес статей, %
1.Стоимость расходных материалов	65796	78,87%
2.Расходы на оплату труда	3523,74	4,21%
2.1Основная заработная плата	3091	3,69%
2.2Дополнительные затраты	432,74	0,52%
2.3Премияльные выплаты	–	–
2.4 Районный коэффициент	–	–
3.Единый социальный налог	927,3	1,1%
4.Амортизационные исчисления на использование компьютера	11500	13,74%
5.Расходы на использование Интернет	350	0,41%
6.Административно-хозяйственные расходы	1545,5	1,85%
Итого:	83642,54	100%

Подведем конечную экономическую оценку определения затрат на анализ и разработку алгоритмов стереосистем:

- продолжительность исследовательских работ составила 49 дней;
- сметы расходов на исследование – 83642,54.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была разработана система для калибровки инструментальных средств многоканальных оптических систем. Для этого были решены такие задачи как:

- Анализ существующих характеристик многоканальных систем и способы их калибровки
- Разработан алгоритм калибровки многоканальных оптических систем
- Сделана проверка работоспособности алгоритма
- Проведено обоснование экономических расчетов системы калибровки многоканальных оптических систем
- Была проведена оценка параметров законов распределения

Данная разработанная система состоит из алгоритма и программной реализацией, что позволяет проводить калибровку многоканальных оптических систем по грациям уровней эталонного изображения с другими.

Проведены технико-экономическое обоснование системы. Результатом экономической оценки исследования являются конечные затраты суммой – 83642,54 руб.

Для программной реализации выбрана среда MATLAB, широко распространенная в мире. MATLAB содержит большое количество средств для работы с алгоритмами в разных пространствах. Имеет возможность работы подпрограмм, которые в свою очередь дают возможность работать с другими языками программирования. Разработанный алгоритм может работать на всех ПК соответствующих требованиям MATLAB.

В дальнейшем алгоритм можно использовать в определении координат неподвижных объектов в системах видеонаблюдения.

Таким образом совокупность решенных вышеперечисленных задач позволила достичь поставленной цели выпускной квалификационной работы, а именно разработка системы калибровки инструментальных средств многоканальных оптических систем.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		43

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обработка изображений в MATLAB – это просто [Видеозапись], реж. М.Шпак, Softline, запись – 2014.

2. Обзор алгоритмов стереозрения .Вахитов А.Т. , Гуревич Л.С., Павленко Д.В. [текст],/ А.Т.Вахитов, Л.С.Гуревич, Д.В.Павленко//Стохастическая оптимизация в информатике. – 2008, – том 4 , Р.1-1.

3. Панин С. В., Чемезов В. О., Любутин П. С. Метод определения характеристических точек изображения в системах стереозрения // Изв. вузов. Приборостроение. 2016, – Т. 59, № 3. С. 224—230.

4. Оценка точности определения координат [электронный ресурс] //scicenter.online/ SciCentr.Online – Режим доступа: <http://scicenter.online/voennaya-topografiya-scicenter/otsenka-tochnosti-opredeleniya-123742.html> (дата обращения 14.03.2018)

5. Обработка сигналов изображений [электронный ресурс] // [http://matlab.exponenta.ru/MATLAB & Toolbox](http://matlab.exponenta.ru/MATLAB&Toolboxes)es – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book5/3.php>

6. Вычисление карты глубины стереоизображения на графическом процессоре в реальном времени [электронный ресурс] // <https://www.fundamental-research.ru> / Фундаментальные исследования / Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30010>

7. Нормальный закон распределения [электронный ресурс] // <http://sernam.ru/> Научная библиотека / Режим доступа: [http://sernam.ru/book\\_tp.php?id=25](http://sernam.ru/book_tp.php?id=25)

8. Коробков Н.В. Разработка методов обработки информации в оптической навигационной системе с использованием принципа стереозрения [текст] : дис. кан. техн. Наук : 13.05.94 / Н.В.Коробков – Москва, 1996. – 154 с.

9. Основы стереозрения [электронный ресурс] // <https://habr.com> / Habr / Режим доступа: <https://habr.com/post/130300/>

					<b>11070006.11.03.02.333.ПЗВКР</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<b>44</b>

10. Методы оценки технического состояния оборудования [электронный ресурс] // <https://eam.su> / Ассоциация ЕАМ / Режим доступа: <https://eam.su/5-metody-ocenki-texnicheskogo-sostoyaniya-oborudovaniya.html>

11. Гордиенко, В.Н. Оптические телекоммуникационные системы: Учебник для вузов [текст] / В.Н. Гордиенко, В.В. Крухмалев, А.Д. Моченов и др. - М.: ГЛТ, 2011. – 368 с.

12. Гордиенко, В.Н. Оптические телекоммуникационные системы: Учебник для вузов [текст] / В.Н. Гордиенко. - М.: ГЛТ, 2011. – 368 с.

13. Протасов, С.И. Методы и алгоритмы анализа, передачи и визуализации данных в системах компьютерного стереозрения [текст]: дис.канд. физ. мат. наук: 05.13.17/ С.И.Протасов-Воронеж,2012. – 132 с.

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		45

Программный код калибровки инструментальных средств:

```

clc
clear
A=imread('D:\ORI.jpg');%читаем изображение эталонного изображения
B=imread('D:\ORI2.jpg');%читаем изображение изменяемого изображения
A=rgb2gray(A);%перевод в оттенки серого
B=rgb2gray(B);%перевод в оттенки серого
% figure, subplot(1,2,1), imshow(B);
% subplot(1,2,2), imshow(B);
X=A(912:1:981,417:1:490);%координаты белого объекта
Y=A(982:1:1051,417:1:490);%координаты черного объекта
Z=A(1131:1:1208,630:1:706);%координаты серого объекта
X1=B(912:1:981,417:1:490);%координаты объекта №1
Y1=B(982:1:1051,417:1:490);%координаты объекта №2
Z1=B(1131:1:1208,630:1:706);%координаты объекта №3
mx1=mean(X);%мат.ожидание
mx2=mean(Y);
mx3=mean(Z);
d1=var(mx1);%дисперсия
d2=var(mx2);
d3=var(mx3);
mx11=mean(X1);
mx22=mean(Y1);
mx33=mean(Z1);
d11=var(mx11);
d22=var(mx22);
d33=var(mx33);
figure;%ВЫВОДИМ отличие мат.ожиданий
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx1,'r');
plot(mx11,'g');
hold off
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx2,'g');
plot(mx22,'b');
hold off
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx3,'b');
plot(mx33,'r');
hold off
k1=mx1-mx11;%определяем разность мат.ожид.
k2=mx2-mx22;
k3=mx3-mx33;
%задаем цикл приравнивания
for i=1:length(X1);
    mx11(i)=mx11(i)+k1(i);
end
for i=1:length(Y1);
    mx22(i)=mx22(i)+k2(i);

```

					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		46



```

end
for i=1:1:length(Z1);
    mx33(i)=mx33(i)+k3(i);
end
figure; %ВЫВОДИМ результаты
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx1,'r');
plot(mx11,'--g');
hold off
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx2,'g');
plot(mx22,'--b');
hold off
figure;
clf;
hold on
x=xlabel('ПИКСЕЛИ');
y=ylabel('УРОВНИ');
plot(mx3,'b');
plot(mx33,'--r');
hold off
figure, subplot(1,2,1), imshow(B);
subplot(1,2,2), imshow(B);

```

						<i>Лист</i>
					11070006.11.03.02.333.ПЗВКР	47
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		