

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: ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ
ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные
технологии и системы связи
очной формы обучения, группы 07001411
Калашникова Павла Алексеевича

Научный руководитель
Старший преподаватель кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Бабаринов С.Л.

Рецензент
Директор
ООО «НПП «Сигнал» БелГУ»
Кунгурцев С.А.

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 «Эксплуатация технических средств инфокоммуникационных систем»

Утверждаю
Зав. кафедрой

« ____ » _____ 201_ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Калашникова Павла Алексеевича

1. Тема ВКР «Определение координат неподвижных объектов в системах видеонаблюдения: вычисление координат объекта на основе данных измерений»

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

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе:

Двухканальная оптическая система.

База = 0.1 м – 1 м.

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

4.1 Анализ существующих методов оценки координат объектов в системах видеонаблюдения

4.2 Выбор структуры системы оценки координат неподвижных объектов

4.3 Разработка алгоритма и программы автоматизированного измерения координат объекта

4.4 Проверка работоспособности программы

4.5 Технико-экономическое обоснование разработки системы оценки координат

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

5.1 Структурная схема системы калибровки оптических каналов системы стереозрения (А1, лист 1)

5.2 Блок схема алгоритма автоматизированного измерения координат объекта (А1, лист 1)

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

6. Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
4.1 – 4.4	<i>ст. преп. каф. ИТСиТ Бабаринов С.Л.</i>		
4.5	<i>канд. техн наук, ст. преп. каф. ИТСиТ Болдышев А.В.</i>		

7. Дата выдачи задания _____

Руководитель

Старший преподаватель

*кафедры Информационно-телекоммуникационных
систем и технологий»*

НИУ «БелГУ» _____

Бабаринов С.Л.

(подпись)

Задание принял к исполнению _____

Калашиников П.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ	4
1.1 Теоретические основы методов оценки координат объектов	4
1.2 Оценка возможностей лазерных систем оценки координат объектов (дальномеров)	10
1.3 Существующие системы стереозрения и возможности их по оценке координат объектов	18
2 ВЫБОР СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ НЕПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ	20
2.1 Существующие типы камер и матриц	20
2.2. Варианты построения системы измерения дальности до объекта.	23
2.3. Исследование зависимостей точности оценки координат объектов от параметров системы	28
3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА	31
3.1 Алгоритм оценки статистических параметров распределения видеоизображения объекта	31
3.2 Разработка алгоритма идентификации изображения на нескольких видеоизображениях	33
3.3. Программная реализация алгоритмов	36
4 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРОГРАММЫ	38
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ	40
5.1. Планирование работ по исследованию.	40
5.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование.	41
5.3 Расчет продолжительности исследования	42
5.4 Расчет стоимости расходных материалов.	43
5.5 Расчет сметы расходов на исследование.	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	48

					<i>11070006.11.03.02.555.ПЗВКР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Определение координат неподвижных объектов в системах видеонаблюдения: вычисление координат объекта на основе данных измерений	Лит.	Лист	Листов
Разработал		Калашников П.А.					2	49
Проверил		Бабаринов С.Л.						
Рецензент		Кунгурцев С.А.						
Н. Контроль		Бабаринов С.Л.						
Утвердил		Жилияков Е.Г.			<i>НИУ «БелГУ» гр. 07001411</i>			

ВВЕДЕНИЕ

Системы определения координат широко используются, однако каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Самой точной является лазерная система, но она имеет ряд ограничений. Для получения результата необходимо точное наведение на цель, поэтому данный вариант не подходит для использования на больших расстояниях.

На ряду с лазерными широко применяются оптические системы определения координат. Появилась проблема создания разнесенной базы (создания стереозрения) или многоканальных оптических систем. Более того, существует проблема наличия мощного вычислительного средства и разработка качественного программного обеспечения. Соответственно технические характеристики и параметры системы зависят от целого ряда факторов: расстояние от линзы до матрицы, сдвиг от центра изображения до объекта в пикселях, размер пикселя матрицы ПЗС, расстояние между камерами (база).

Поэтому целью данной ВКР является разработка автоматизированной системы определения координат объекта и исследование зависимости её точностных характеристик от технических параметров системы.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих систем измерения координат в оптическом диапазоне.
2. Обосновать выбор структуры построения и технических характеристик многоканальных оптических систем измерения координат объекта.
3. Разработать алгоритм и программу автоматической оценки координат в многоканальной оптической системе.
4. Провести проверку работоспособности программы.
5. Исследовать показатели точности измерения координат в зависимости от технических характеристик системы.
6. Провести технико-экономическое обоснование построенной системы.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

1.1 Теоретические основы методов оценки координат объектов

В настоящее время основной метод, используемый для восстановления трехмерных сцен по набору цифровых изображений, – это стереозрение [1]. Стереозрение обычно реализуется с помощью так называемой стереоустановки – двух идентичных камер с параллельными оптическими осями, находящимися на известном расстоянии друг от друга. В данном подходе основная трудность связана с аппаратной стороной: стереоустановка должна быть жесткой, камеры – идентичными, синхронизированными и иметь широкий угол обзора [1]. При быстром движении объекта различия между моментами фиксации кадров недопустимы.

Камеры также должны быть тщательно откалиброваны путем расчета поворота и прямолинейного перемещения между ними. Другая задача – совмещение двух изображений от стереоустановки по точкам, чтобы вывести карты диспаратностей. Это более сложное задание для стереозрения, чем для монокулярного зрения, так как соответствующая точка не всегда находится в том же месте на датчиках изображений в обеих камерах, тогда как в монокулярном зрении соответствующие точки на последовательных изображениях находятся почти в идентичных местах, если частота смены кадров достаточно высока. Используя метод стереозрения, можно точно восстановить глубину расположения объектов ближайшей зоны, но по мере увеличения расстояния точность ухудшается, а для дальних объектов – критично снижается [2]. Трехмерную сцену можно также восстановить, если два изображения, относящиеся к одной области наблюдений, получены последовательно при движении камеры.

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

В том случае, когда реконструкция сцены основана на одновременном использовании только одной стереопары, обработка данных происходит с геометрической точки зрения аналогично тому, как это происходит при использовании стереоустановки [3]. Точность можно повысить, если имеется последовательность стереоизображений для реконструкции сцены. Это допускает последовательную обработку стереопар [4]. Данный метод позволяет достичь более высокой точности в силу потенциально широкой полосы пропускания и, соответственно, может успешно использоваться для расчета расстояния до отдаленных объектов. Когда мы говорим о человеческом зрении, бинокулярная диспаратность – это самый главный источник данных о глубине, если расстояние менее 5 м [4]. Для больших расстояний монокулярные сигналы глубины, особенно параллакс движения, играют важную роль в измерении глубин. Специалисты по психологии восприятия активно изучали параллакс движения и показали, что он имеет первостепенное значение для пространственной ориентации при вождении автомобиля и при посадке самолета. В работе Регана и др. описаны эксперименты, когда пилоты в процессе посадки самолета не могли использовать второй глаз. Качество посадки при этом снизилось незначительно, что говорит о том, что бинокулярные сигналы не столь важны. Многие авторы согласны с Гибсоном [5], что в данных случаях основной упор делается на так называемый фокус схода (или расширения). В работе Векслера и др. исследуется важность собственного движения для восприятия трехмерной структуры из движущегося изображения.

Авторы сравнивали ситуации, когда неподвижный пассивный наблюдатель находился в окружении подвижных жестко закрепленных объектов и когда активный наблюдатель двигался среди неподвижных объектов. Продемонстрировано, что это не полностью эквивалентная замена, так как, хоть наблюдатели и получали одинаковые визуальные сигналы, восприятие трехмерной структуры у активного наблюдателя зависело от незрительной информации о собственном движении. В статье Лонге-Хиггинса и др. [6]

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

используется уравнение, связывающее координаты фактурного элемента сцены и его скорость с поступательными и угловыми скоростями наблюдателя. На его основе выводится уравнение, описывающее кинематику ретинального (от слова «рети́на» – сетчатка) положения и скорости. Авторы проанализировали эти уравнения и показали, что по монокулярному видению жесткой фактурной поверхности можно отделить движение глаза относительно нее от поля скоростей меняющегося ретинального изображения. Они также пришли к выводу, что глубина, рассчитанная по параллаксу движения, полностью задается ретинальной скоростью.

Параллакс движения можно совместить с другими источниками данных о глубине: стереоскопическим зрением, эффектом кинетической глубины, затенением и окклюзией. Это дает возможность получить более стабильную оценку расстояния от наблюдателя до объекта. В исследовании Ланди и др. предлагается комплексировать данные от параллакса движения со стереоскопическим рассогласованием, минимизируя разность между глубиной по рассогласованию и глубиной по параллаксу движения.

В работе Ткоча и Янчека разработан метод оценки дальности до ориентира, который можно использовать для камеры, установленной на БЛА. Помимо дальности оценивалась также скорость камеры. Предлагаемый подход основан на применении расширенного фильтра Калмана. Новизна состоит в применении группового алгоритма для инициализации ориентиров.

Хотя такой алгоритм способен отслеживать множество точек одновременно, он не дает повышения точности в сравнении с индивидуальным отслеживанием ориентиров. Эффективность алгоритма подтверждается только моделированием при очень оптимистичных допущениях. Хастлер и Рок предлагают систему, где монокулярное зрение интегрировано с измерениями ИИМ для оценивания дальности от подвижного наблюдателя до стационарного объекта. Подход адаптирован для подводных роботов, которые работают в условиях возмущений и неопределенной динамики.

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Стратегия комбинирования инерциальных и видеоизмерений устойчива к пропаданию видеоданных и способна определить взаимное расположение при минимальных требованиях к системе технического зрения. Также отмечается, что сочетание ограниченной наблюдаемости и значительной нелинейности, свойственное данной стратегии измерения, создает такую задачу оценки, которую нельзя решить с помощью стандартного обобщенного фильтра Калмана. Чтобы преодолеть эту трудность, была использована особая форма представления состояния, которая обеспечивает линейную модель датчика и переводит все нелинейности в динамику состояния, избегая линеаризаций на шаге коррекции измерения. Прогноз состояния реализуется за счет ансцентной трансформации, которая не требует линеаризации. Наша работа тесно связана с методом оценки взаимного расположения, предложенным Хастлером и Роком [5], а также с алгоритмом оценки дальности до ориентира Ткоча и Янчека. Алгоритм способен определить взаимное расположение, отслеживая только один ориентир. Однако использование дополнительных элементов, если это возможно, дает значительные преимущества – повышение точности и робастности. Такой мультиэлементный подход обеспечивает наличие дополнительных измерений датчиков без применения добавочной аппаратуры. Кроме того, обеспечивается более высокая гибкость стратегии измерения, таким образом, элемент, выпавший из поля зрения камеры, может быть дополнен более подходящим элементом еще до потери первого элемента.

Рекурсивное оценивание глубины по последовательности изображений

В данном разделе представлен метод оценки глубины (расстояния до ориентира) по последовательности изображений. Направление на ориентир обычно называется линией визирования и измеряется камерой. Геометрия расположения наблюдателя и ориентира показана на рис. 1. Оси XN , YN и ZN определяют географическую систему координат N . Оси XC , YC и ZC определяют систему координат камеры C , где ось Zc соответствует оптической оси камеры.

						Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	

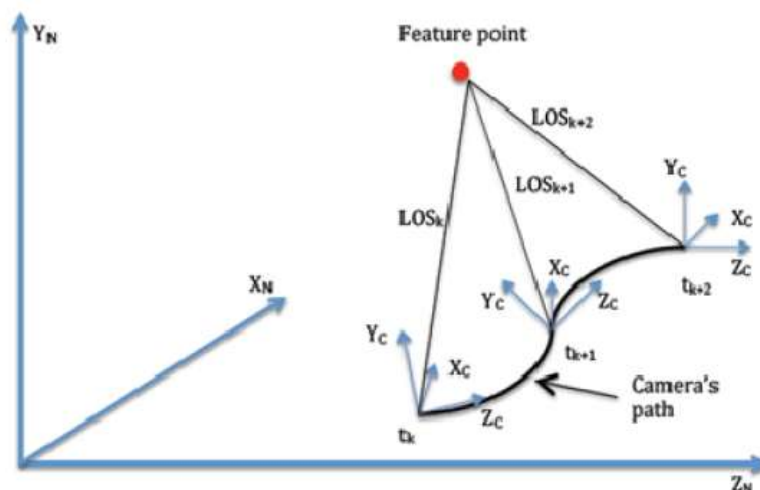


Рисунок 1.1 – Взаимная геометрия камеры наблюдателя и ориентира

Возможны одновременное отслеживание нескольких точек и оценивание дальности до них с использованием независимых механизмов оценки для каждой точки. Точность оценивания зависит от наблюдаемости точки: точки вблизи фокуса расширения плохо наблюдаемы, следовательно, дальность до этих точек не может быть точно измерена. В будущем можно также рассмотреть потенциальное применение алгоритма координированной оценки. Он позволяет улучшить оценку плохо наблюдаемых точек, налагая дополнительные ограничения. Таким образом, оценка дальности до конкретной точки осуществляется с помощью других точек.

Алгоритм оценивания построен на основе фильтра Калмана. Используется камера с точечной диафрагмой, которая представлена стандартной моделью в перспективной проекции на рис. 2. Декартовы составляющие проекции ориентира на плоскости изображения обозначены x и y . Плоскость изображения обозначена $Z_c = f$.

Допускается, без нарушения общности, что измерения камеры масштабируются так, что эквивалентное фокусное расстояние равно 1.

Ориентир, расположенный в $R = [X_c, Y_c, Z_c]$ в системе координат камеры, проявляется как элемент в плоскости изображения $x = X_c/Z_c$ и $y = Y_c/Z_c$. Таким

образом, измерение камеры z является проекцией ориентира на плоскость изображения и моделируется следующим образом:

$$z = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + n = \frac{1}{z} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + n.$$

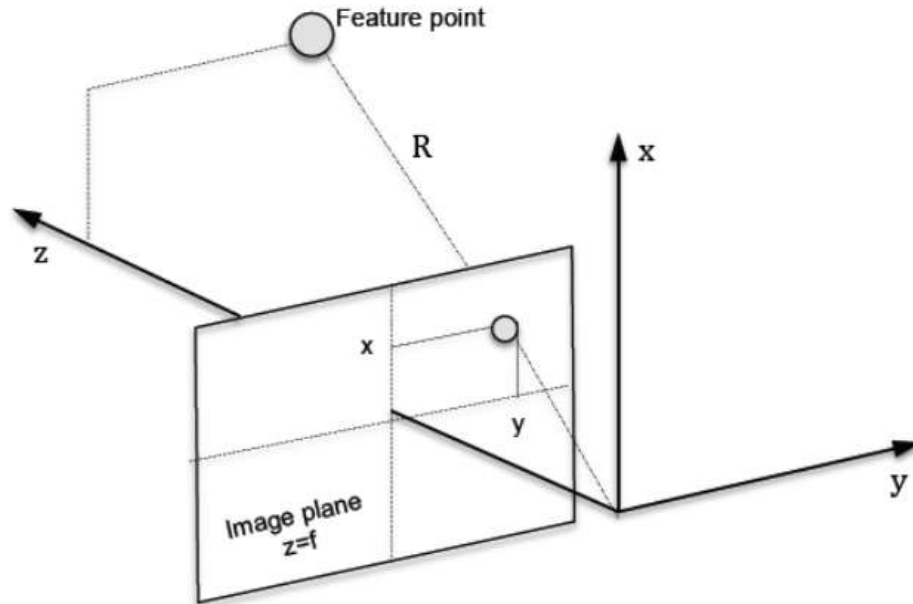


Рисунок 1.1 - Модель камеры в перспективной проекции

Погрешности измерений камеры n считаются центрированным гауссовским шумом. Отслеживание элементов приводит к измерениям расположения элемента на последовательных кадрах. Кинематическое соотношение между ориентиром и его проекцией на плоскость изображения камеры описывается следующим образом:

$$\dot{x} = -v_x E + x v_z E + x u w_x - (1 + x^2) w_y + u w_z \quad (1.1)$$

$$\dot{y} = -v_y E + y v_z E + (1 + y^2) w_x - x u w_y - x w_z \quad (1.2)$$

$$\dot{E} = -v_z E^2 + y w_x E - x w_y E \quad (1.3)$$

В этих уравнениях $v = [v_x, v_y, v_z]^T$ – поступательная скорость наблюдателя, $w = [w_x, w_y, w_z]^T$ – угловая скорость. Считается, что эти параметры собственного движения измеряются ИИМ и одометром с достаточно высокой точностью. Мы использовали особую форму представления дальности $E=1/Z$, введенную Хастлером и Роком. Такое представление снижает

доминантные нелинейности в динамике состояния и повышает точность временных коррекций. Алгоритм оценивания построен на основе расширенного фильтра Калмана, где для каждого ориентира измерения и динамика состояния описываются уравнениями (1.1) и (1.2) соответственно. При отслеживании нескольких ориентиров необходимо одновременно решать несколько независимых систем уравнений. Однако добавление новых точек не повышает точность оценивания, если для каждой точки используются независимые алгоритмы оценивания.

1.2 Оценка возможностей лазерных систем оценки координат объектов (дальномеров)

Дальномер — устройство, предназначенное для определения расстояния от наблюдателя до объекта. Дальномеры классифицируются следующим образом:

Дальномерные приспособления делятся на:

1. Активные, которые в свою очередь делятся на: а) звуковой дальномер; б) световой дальномер; с) лазерный дальномер.

2. Пассивные: а) дальномеры, использующие оптический параллакс (напр. дальномерный фотоаппарат), б) дальномеры, использующие сопоставление объекта какому-либо образцу.

Принцип действия дальномеров активного типа состоит в измерении времени, которое затрачивает посланный дальномером сигнал для прохождения расстояния до объекта и обратно. Скорость распространения сигнала (скорость света или звука) считается известной.

Измерение расстояний дальномерами пассивного типа основано на определении высоты h равнобедренного треугольника ABC , например по известной стороне $AB = l$ (базе) и противолежащему острому углу b (т. н. параллактическому углу). При малых углах b (выраженных в радианах):

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

$$h = 1/b \quad (1.4)$$

Одна из величин, l или b , обычно является постоянной, а другая — переменной (измеряемой). По этому признаку различают дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянной базой.

Далее следует подробно рассмотреть лазерный дальномер.

Лазерный дальномер — прибор для измерения расстояний с применением лазерного луча.

Широко применяется в инженерной геодезии, при топографической съёмке, в военном деле, в навигации, в астрономических исследованиях, в фотографии.

Лазерный дальномер — это устройство, состоящее из импульсного лазера и детектора излучения. Измеряя время, которое затрачивает луч на путь до отражателя и обратно и зная значение скорости света, можно рассчитать расстояние между лазером и отражающим объектом.

Способность электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью дает возможность определять дальность до объекта. Так, при импульсном методе дальнометрирования используется следующее соотношение:

$$L = ct/2n \quad (1.5)$$

где L — расстояние до объекта, c — скорость света в вакууме, n — показатель преломления среды, в которой распространяется излучение, t — время прохождения импульса до цели и обратно.

Рассмотрение этого соотношения показывает, что потенциальная точность измерения дальности определяется точностью измерения времени прохождения импульса энергии до объекта и обратно. Ясно, что чем короче импульс, тем лучше.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Задача определения расстояния между дальномером и целью сводится к измерению соответствующего интервала времени между зондирующим сигналом и сигналом, отражения от цели. Различают три метода измерения дальности в зависимости от того, какой характер модуляции лазерного излучения используется в дальномере: импульсный, фазовый или фазово-импульсный. Сущность импульсного метода дальнометрирования состоит в том, что к объекту посылается зондирующий импульс, он же запускает временной счетчик в дальномере. Когда отраженный объектом импульс приходит к дальномеру, то он останавливает работу счетчика. По временному интервалу автоматически высвечивается перед оператором расстояние до объекта. Оценим точность такого метода дальнометрирования, если известно, что точность измерения интервала времени между зондирующим и отраженным сигналами соответствует 10^{-9} с. Поскольку можно считать, что скорость света равна $3 \cdot 10^{10}$ см/с, получим погрешность в изменении расстояния около 30 см. Специалисты считают, что для решения ряда практических задач этого вполне достаточно.

При фазовом методе дальнометрирования лазерное излучение модулируется по синусоидальному закону. При этом интенсивность излучения меняется в значительных пределах. В зависимости от дальности до объекта изменяется фаза сигнала, упавшего на объект. Отраженный от объекта сигнал придет на приемное устройство также с определенной фазой, зависящей от расстояния. Оценим погрешность фазового дальномера, пригодного работать в полевых условиях. Специалисты утверждают, что оператору не сложно определить фазу с ошибкой не более одного градуса. Если же частота модуляции лазерного излучения составляет 10 МГц, то тогда погрешность измерения расстояния составит около 5 см. [6].

По принципу действия дальномеры подразделяются на две основные группы, геометрического и физического типов.

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

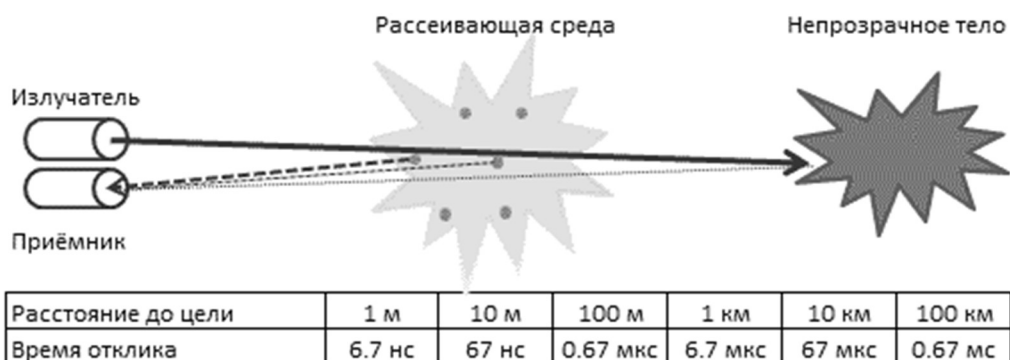


Рисунок 1.3 - Принцип действия дальномера

Первую группу составляют геометрические дальномеры. Измерение расстояний дальномером такого типа основано на определении высоты h равнобедренного треугольника ABC (рис. 3) например по известной стороне $AB = l$ (базе) и противолежащему острому углу. Одна из величин, l обычно является постоянной, а другая — переменной (измеряемой). По этому признаку различают дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянной базой. Дальномер с постоянным углом представляет собой подзорную трубу с двумя параллельными нитями в поле зрения, а базой служит переносная рейка с равноотстоящими делениями. Измеряемое дальномером расстояние до базы пропорционально числу делений рейки, видимых в зрительную трубу между нитями. По такому принципу работают многие геодезические инструменты (теодолиты, нивелиры и др.). Относительная погрешность нитяного дальномера — 0,3-1%. Более сложные оптические дальномеры с постоянной базой, построены на принципе совмещения изображений объекта, построенными лучами прошедшими различные оптические системы дальномера. Совмещение производится с помощью оптического компенсатора, расположенного в одной из оптических систем, а результат измерения прочитывается по специальной шкале. Монокулярные дальномеры с базой 3-10 см широко применяются в качестве фотографических дальномеров. Погрешность оптических дальномеров с постоянной базой менее 0,1% от измеряемого расстояния.

Принцип действия дальномера физического типа состоит в измерении времени, которое затрачивает посланный дальномером сигнал для прохождения расстояния до объекта и обратно. Способность электромагнитного излучения распространяться с постоянной скоростью дает возможность определять дальность до объекта. Различают импульсный и фазовый методы измерения дальности.

При импульсном методе к объекту посылается зондирующий импульс, который запускает временной счетчик в дальномере. Когда отраженный объектом импульс возвращается к дальномеру, то он останавливает работу счетчика. По временному интервалу (задержке отраженного импульса), с помощью встроенного микропроцессора, определяется расстояние до объекта:

$$L = ct/2n \quad (1.6)$$

где L — расстояние до объекта, c — скорость распространения излучения, t — время прохождения импульса до цели и обратно. [7]

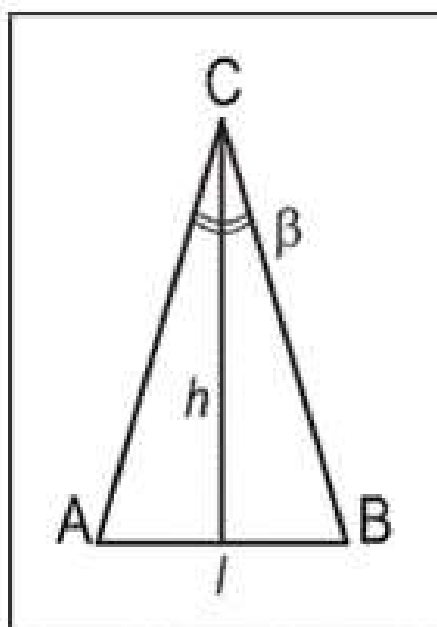


Рисунок 1.4 - Принцип действия дальномера геометрического типа

Где АВ -база, h -измеряемое расстояние.

При фазовом методе — излучение модулируется по синусоидальному закону с помощью модулятора (электрооптического кристалла, меняющего свои параметры под воздействием электрического сигнала). Отраженное излучение попадает в фотоприемник, где выделяется модулирующий сигнал. В зависимости от дальности до объекта изменяется фаза отраженного сигнала относительно фазы сигнала в модуляторе. Измеряя разность фаз, измеряется расстояние до объекта.

В настоящее время в решении задач определения координат объектов получили широкое применение лазерные дальномеры, в основе которых лежит импульсный метод измерения дальности. Несомненно, импульсные лазерные дальномеры лучше всего известны и освоены. Очень малая длительность импульсов, излучаемых многими видами лазеров, в частности твердотельными в режиме модуляции добротности резонатора и, особенно в режиме синхронизации мод, в сочетании с большой энергией таких импульсов открыла дорогу к созданию импульсных дальномеров различного назначения.

Наиболее массовый тип таких приборов — дальномеры на основе твердотельных лазеров умеренной мощности (от 1 до 10 МВт при длительности импульса от 10 до 20 нс), работающих в режиме импульсного включения добротности [1]. Импульсный метод основан на непосредственном измерении времени распространения коротких, следующих с регулярной частотой импульсов электромагнитной энергии, которые излучаются передатчиком и проходят путь до объекта и обратно.

При импульсном излучении передатчик работает лишь в течение коротких промежутков времени, равных длительности импульсов [3].

К достоинствам импульсного метода можно отнести следующие: - осуществляется прямое измерение полного расстояния. При этом отсутствует необходимость (как в других методах) знать его приближённое значение; - использование импульсных лазерных источников излучения позволяет обеспечить более высокую мощность по сравнению с непрерывным излучением.

Это позволяет повысить дальность измерений, а небольшие расстояния до объектов измерять без применения специальных отражателей, применение которых свойственно измерениям фазовыми дальномерами [3].

Основным недостатком импульсного метода является меньшая, по сравнению с другими методами, точность измерения расстояний, в основном обусловленная погрешностью определения времени прохождения электромагнитным импульсом двойного расстояния между конечными точками измеряемой линии [3].

Условно современные лазерные дальномеры, применяемые в военных целях, можно разделить на два вида:

1) портативные (устанавливаемые на треноге или удерживаемые в руках при измерении).

2) стационарные.

Портативные дальномеры имеют следующие преимущества: они компактны, удобны и просты в эксплуатации, обеспечивают возможность быстрого и эффективного измерения расстояний, имеют небольшую массу (от 1,5 до 2 кг).

Погрешность измерения дальности такими приборами чаще всего составляет единицы метров; обеспечение высокой точности не вызывает практических трудностей и не требует учёта метеорологических факторов. Стационарные устройства имеют большую точность измерения.

В настоящее время широко используются лазерные дальномеры серии ЛПР. Первые две модификации ЛПР предназначены для ведения разведки и наблюдения за местностью, измерения дальности до подвижных и неподвижных объектов, определения координат (в комплекте с углоизмерительным устройством) целей. Последующие модификации этих приборов получили усовершенствования, значительно облегчающие работу наблюдателя и сам процесс определения координат, и, что более важно, значительно сократили время определения координат. Некоторые варианты (ЛПР-3) в комплекте не

имеют углоизмерительного устройства. Прибор ЛПП-4 предусматривает работу приемопередатчика и без установки его на углоизмерительную платформу и треногу – работу с рук. При этом измерение горизонтальных и вертикальных углов проводится с помощью электронного компаса, встроенного в приемопередатчик.

В свою очередь, приемопередатчик включает в себя: - дневной оптический визир с увеличением 7 и 14 крат, позволяющий значительно увеличить дальности обнаружения и распознавания объектов в дневное время и сократить время поиска; - ночной визирный канал, выполненный на электронно-оптическом преобразователе 3-го поколения, обеспечивающий ведение разведки в ночное время; - телевизионную систему дневного -ночного видеонаблюдения и контроля изображений, которая обеспечивает: автоматическую запись в запоминающее устройство прибора видеокадров с изображением наблюдаемого объекта и его координатами; - лазерный дальномерный канал, который работает на безопасной длине волны и обеспечивает измерение дальностей, в несколько раз превышающих дальности, измеряемые ЛПП-3; - электронный компас; - систему спутниковой навигации ГЛОНАСС/ GPS; - блок обработки, хранения и отображения информации.

Углоизмерительная платформа с треногой делает возможным точное наведение визирной оси приемопередатчика на больших дальностях и высокоточное (по сравнению с электронным компасом) измерение углового положения визирной оси. что позволяет добиться требуемой точности измерения координат на больших дальностях.

Широкое применение нашли лазерные целеуказатели-дальномеры (ЛЦД). ЛЦД обеспечивают более широкий круг задач, нежели лазерные дальномеры: - измерение дальности до 10000 м и более с точностью ± 5 м; - измерение скорости цели; - поиск и автосопровождение цели по дальности и угловым координатам; - подсветку цели для устройства ночного видения и др.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По построению ЛЦД близки к лазерным дальномерам и отличаются от них лишь более высокими частотами повторения импульсов (от 20 до 30 Гц) и мощностью зондирующего излучения, которые в данном случае определяются требуемой дальностью захвата цели в лазерной головке самонаведения боеприпаса и точностью угловой пеленгации подсвеченной цели.

Поэтому ЛЦД, как правило, имеют большие, чем лазерные дальномеры, массу и габариты. Основная масса существующих ЛЦД построена на базе неодимовых лазеров с длиной волны 1,06 мкм [7]. ЛЦД могут быть переносными или бортовыми. Переносные целеуказатели-дальномеры развертываются на командно-наблюдательных пунктах и устанавливаются на треноге.

1.3 Существующие системы стереозрения и возможности их по оценке координат объектов

В мире существует огромное количество систем по оценке координат объекта. Так как необходимо разработать систему оценки координат руководствуясь изображением, необходимо брать за основу следующие устройства: оптические дальномеры, полевой перископ.

Для начала необходимо рассмотреть возможности полевого перископа. В качестве примера рассматривается устройство ПФП-5.

ПФП-5 - перископ полевых фортификационных сооружений.

Перископ для полевых фортификационных сооружений ПФП-5 является монокулярным наблюдательным прибором переменной перископичности и предназначается для наблюдения из полевых фортификационных сооружений.

Перископ применяется для оборудования закрытых наблюдательных пунктов с защитным покрытием толщиной до 2,25 м, а также для оборудования открытых НП и НП, расположенных за естественными укрытиями.

Основные данные:

Увеличение - Пятикратное;

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Поле зрения – 7°;

Разрешающая способность - 10";

Перископичность (переменная) - 1300, 1720, 2110 и 2530 мм;

Наводка по вертикали - $\pm 12^\circ$;

Габариты перископа в упаковке - 965x280x195 мм;

Масса перископа в БП при наибольшей перископичности - 12,5 кг;

Масса перископа в упаковке - 22 кг.

После этого следует рассмотреть оптические дальномеры. Будут рассматриваться следующие характеристики: дальность измерений, увеличение и точность измерений.

В ходе исследования были рассмотрены 20 моделей оптических дальномеров. Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы об усредненных характеристиках:

Дальность измерений: 500м. – 1000 м.

Погрешность измерений: ± 1 м.

Кратность увеличения: 6-7.

Существуют дальномеры, выходящие из ряда усредненных характеристик.

Дальность измерения таких устройств составляет 1500 – 2500 м.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВЫБОР СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ НЕПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

2.1 Существующие типы камер и матриц

Далее следует рассмотреть типы камер. В основном используются следующие типы камер:

1) Зеркальные цифровые камеры.

Итак, в классической зеркальной камере, свет, через объектив, попадает на систему зеркал, в которой первое зеркало большое и полупрозрачное, а под ним стоит второе зеркало, маленькое и не прозрачное. От первого зеркала, большая часть света отражается вверх, на пентапризму (или пентазеркало, в младших зеркалках), в которой изображение переворачивается в правильное положение и выводится в видоискатель, а меньшая часть света, проходит сквозь первое зеркало на второе, а от второго зеркала отражается на датчик фазового автофокуса. Таким образом, фотограф видит изображение в реальном времени через оптический видоискатель, при этом, в видоискатель выводится шкала экспонометра [8].

Схема работы выглядит следующим образом:

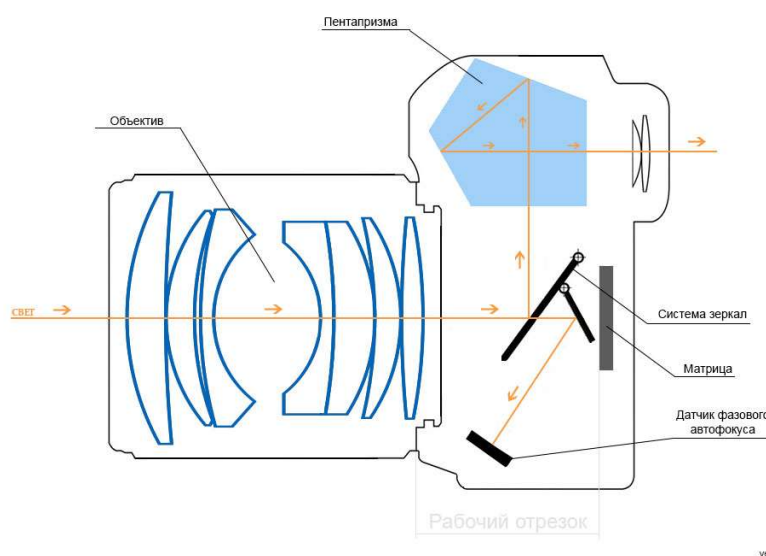


Рисунок 2.1 - Схема работы зеркальной камеры

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Преимущества зеркальных камер:

Оптический видоискатель позволяет видеть изображение без задержек и искажений.

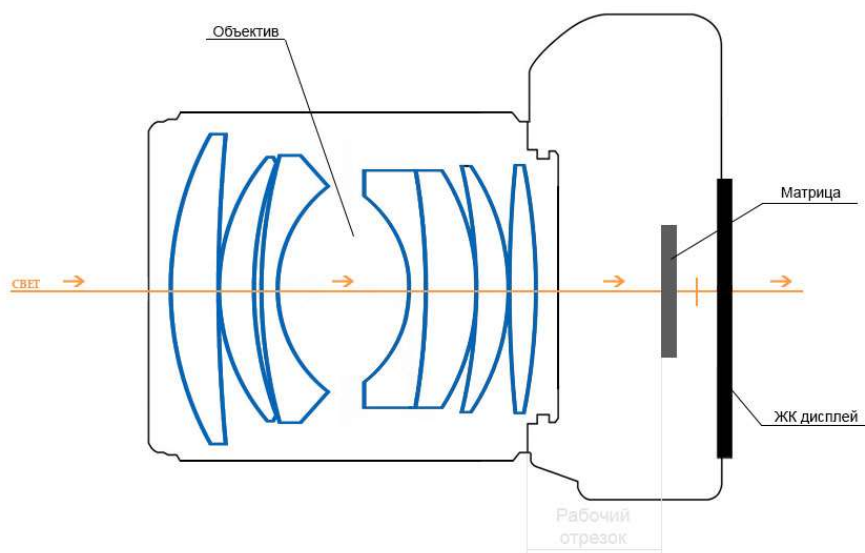
Недостатки:

Стоимость.

В очень тёмное время суток в видеискатель не будет ничего видно.

Системные (беззеркальные) цифровые камеры.

Как можно заметить, схема беззеркальной камеры гораздо проще. Свет, через объектив, попадает сразу на матрицу, процессор камеры преобразовывает сигнал с матрицы в видео, и выводит его в реальном времени на ЖК дисплей[8].



VF
velo-foto.ru

Рисунок 2.2 - Схема работы беззеркальной камеры

Преимущества беззеркальных камер:

Хорошее качество изображения.

Камеры подходят для съемки динамики.

Недостатки:

Стоимость

Под узкие задачи могут потребоваться дополнительные аксессуары.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основные типы камеры были рассмотрены, теперь необходимо рассмотреть матрицы.

ПЗС-матрица (CCD, «Charged Coupled Device») состоит из светочувствительных фотодиодов, выполнена на основе кремния, использует технологию ПЗС — приборов с зарядовой связью.

КМОП-матрица (CMOS, «Contact Metal Oxide Semiconductor») выполнена на основе КМОП-технологии. Каждый пиксел снабжён усилителем считывания, а выборка сигнала с конкретного пиксела происходит, как в микросхемах памяти, произвольно.

SIMD WRD (Wide dynamic range) матрица, также выполненная на основе КМОП-технологии, имеет в обрамлении каждого пиксела ещё и автоматическую систему настройки времени его экспонирования, что позволяет радикально увеличить фотографическую широту устройства[7].

Live-MOS-матрица. Создана и применяется компанией Panasonic. Выполнена на основе МОП-технологии, однако содержит меньшее число соединений для одного пикселя и питается меньшим напряжением. За счёт этого и за счёт упрощённой передачи регистров и управляющих сигналов имеется возможность получать «живое» изображение при отсутствии традиционного для такого режима работы перегрева и повышения уровня шумов.

Super CCD-матрица. В фотоаппаратах фирмы Fujifilm применяются матрицы, получившие название «Super CCD», в которых присутствуют зелёные пиксели двух различных размеров: большие, для малых уровней освещённости, и малые, совпадающие по размеру с синими и красными. Это позволяет увеличить фотографическую широту матрицы на величину до 4-х ступеней[8].

QuantumFilm. Матрица на основе квантовых точек. Перспективная технология, в отличие от традиционных кремниевых чипов датчиков изображения, использование квантовых точек является более эффективным при захвате света (захват 90-95% света попадающего на сенсор), обеспечивая высокую чувствительность в условиях низкой освещённости, а также более

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

высокий динамический диапазон. В то время как большинство традиционных датчиков изображения подвержены rolling shutter эффекту, что критично для съёмки видео[9]. В данном ВКР была выбрана КМОП-матрица [9].

2.2. Варианты построения системы измерения дальности до объекта.

Перед тем, как разбирать варианты построения систем измерения дальности до объекта, необходимо рассмотреть виды систем: оптическая и лазерная.

Следует разобраться в принципах работы каждого из представленных видов. Оптическая система работает по следующему принципу:

Пусть требуется найти расстояние АВ. Поместим в точку А оптический дальномер, а в точку В перпендикулярно линии АВ - рейку.

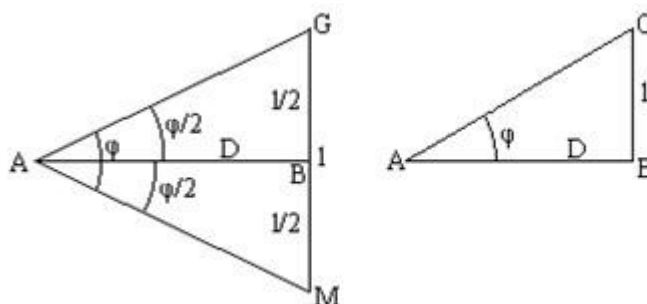


Рисунок 2.3 – Геометрическая схема оптических дальномеров

Обозначим: l - отрезок рейки GM, w - угол, под которым этот отрезок виден из точки А. Из треугольника AGB имеем:

$$D = \frac{1}{2} \times ctg\left(\frac{w}{2}\right) \quad (2.1)$$

$$D = 1 \times ctg(w) \quad (2.2)$$

Обычно угол w небольшой (до 1°), и, применяя разложение функции $Ctg(w)$ в ряд, можно привести формулу (2.1) к виду (2.2). В правой части этих

формулы два аргумента, относительно которых расстояние D является функцией. Если один из аргументов имеет постоянное значение, то для нахождения расстояния D достаточно измерить только одну величину. В зависимости от того, какая величина - w или l , - принята постоянной, различают дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянным базисом.

В дальномере с постоянным углом измеряют отрезок l , а угол w - постоянный; он называется диастимометрическим углом.

В дальномерах с постоянным базисом измеряют угол ψ , который называется параллактическим углом; отрезок l имеет постоянную известную длину и называется базисом.

Нитяной дальномер с постоянным углом. В сетке нитей зрительных труб, как правило, имеются две дополнительные горизонтальные нити, расположенные по обе стороны от центра сетки нитей на равных расстояниях от него; это - дальномерные нити (рис.2.4.).

Нарисуем ход лучей, проходящих через дальномерные нити в трубе Кеплера с внешней фокусировкой. Прибор установлен над точкой A ; в точке B находится рейка, установленная перпендикулярно визирной линии трубы. Требуется найти расстояние между точками A и B .

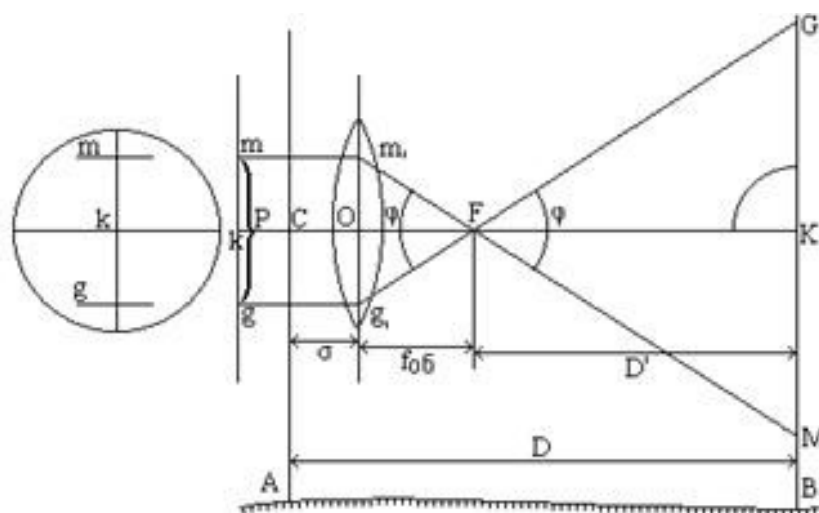


Рисунок 2.4 – Дальномерные нити

Построим ход лучей из точек m и g дальномерных нитей. Лучи из точек m и g , идущие параллельно оптической оси, после преломления на линзе объектива

пересекут эту ось в точке переднего фокуса F и попадут в точки M и G рейки. Расстояние от точки A до точки B будет равно:

$$D = \frac{1}{2} \times ctg \left(\frac{w}{2} \right) + f_{об} + d \quad (2.3)$$

где d - расстояние от центра объектива до оси вращения теодолита; f_{об}-фокусное расстояние объектива; l - длина отрезка MG на рейке.

Обозначим $f_{об} + d$ через c, а величину $\frac{1}{2} \times ctg \left(\frac{w}{2} \right)$ - через C, тогда:

$$D = C \times l + c \quad (2.4)$$

Постоянная C называется коэффициентом дальномера. Из Dm'OF имеем:

$$ctg \left(\frac{w}{2} \right) = \frac{OF}{m'O} ; m'O = \frac{p}{2} \quad (2.5)$$

$$ctg \left(\frac{w}{2} \right) = \frac{f_{об} \times 2}{p}, \quad (2.6)$$

где p - расстояние между дальномерными нитями. Далее пишем:

$$C = \frac{f_{об}}{p}, \quad (2.7)$$

Коэффициент дальномера равен отношению фокусного расстояния объектива к расстоянию между дальномерными нитями. Обычно коэффициент C принимают равным 100, тогда $ctg \left(\frac{w}{2} \right) = 200$ и $w = 34.38'$. При C = 100 и f_{об} = 200 мм расстояние между нитями равно 2 мм.

Измерение нитяным дальномером наклонного расстояния

Пусть визирная линия трубы JK при измерении расстояния AB имеет угол наклона n, и по рейке измерен отрезок l (рис. 8). Если бы рейка была установлена

перпендикулярно визирной линии трубы, то наклонное расстояние было бы равно:

$$D = C \times l_0 + c \quad (2.8)$$

Но

$$l_0 = 1 * \text{Cos}(h) \quad (2.9)$$

поэтому

$$D = 1 * \text{Cos}(h) + c \quad (2.10)$$

Горизонтальное проложение линии S определим из:

$$S = D * \text{Cos}(h) \quad (2.11)$$

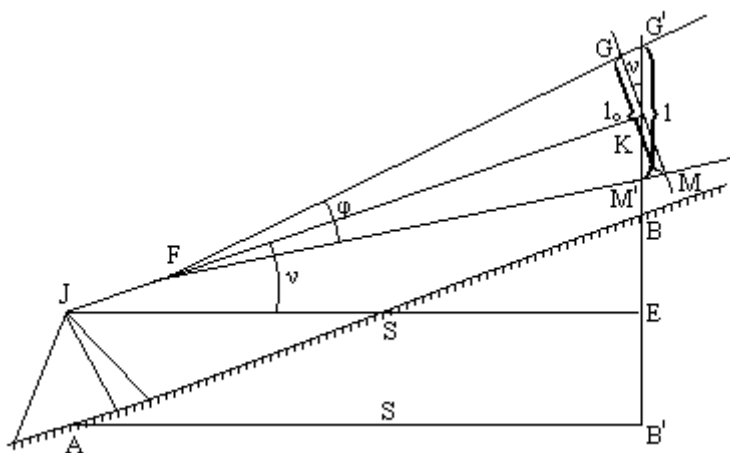


Рисунок 2.5 - Измерение нитяным дальномером наклонного расстояния

Для удобства вычислений принимаем второе слагаемое равным $c * \text{Cos}(2h)$; поскольку c величина небольшая (около 30 см), то такая замена не внесет заметной ошибки в вычисления. Тогда:

$$S = (C + c) * \text{Cos}(2h) \quad (2.12)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	26

Обычно величину $C + c$ называют дальномерным расстоянием. Обозначим разность $D' - S$ через Dd и назовем ее поправкой за приведение к горизонту, тогда:

$$S = D' - Dd \quad (2.13),$$

где

$$Dd = D' \times \sin(2h) \quad (2.14)$$

Угол h измеряют вертикальным кругом теодолита; причем при поправка Dd не учитывается. Точность измерения расстояний нитяным дальномером обычно оценивается относительной ошибкой от 1/100 до 1/300.

Кроме обычного нитяного дальномера существуют оптические дальномеры двойного изображения.

Принцип действия лазерного дальномера описан в подразделе 1.2.

Лазерная система характеризуется более высокой точностью, чем оптическая, однако, для получения результата необходимо точное наведение на цель. На больших дистанциях данные системы использоваться не могут. Соответственно, в таких случаях используются оптические системы.

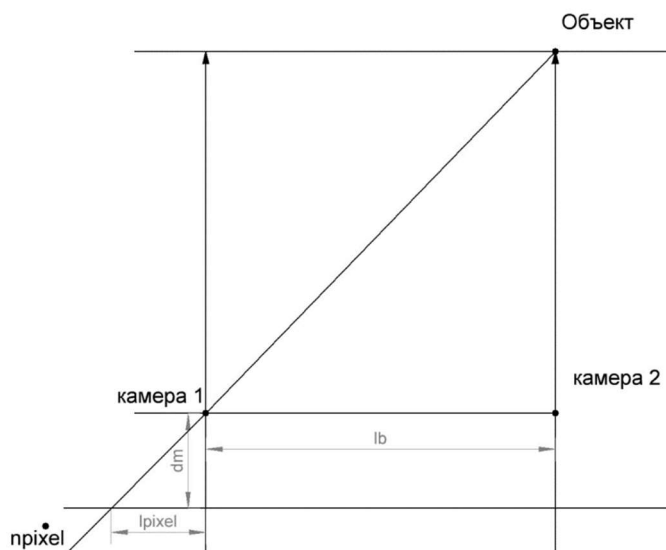


Рисунок 2.6 - Схема системы с параллельными камерами

В данной ВКР будет реализована система с использованием двух камер параллельных камер. Её схема приведена на рисунке 2.6.

2.3. Исследование зависимостей точности оценки координат объектов от параметров системы

В данном разделе необходимо исследовать зависимость точности оценки координат объектов от параметров системы. Имеются следующие параметры: d_m – расстояние от линзы до матрицы, n_{pixels} – сдвиг от центра изображения до объекта в пикселях, l_{pixels} – размер пикселя матрицы ПЗС, l_b – расстояние между камерами (база).

По умолчанию берутся следующие данные: $n_{\text{pixels}}=30$; $d_m=0.024$; $l_b=0.5$; $l_{\text{pixels}}=0.000005$.

Не изменяются следующие параметры: l_{pixels} ; $d_m=0.024$; данные параметры не изменяются на основании того, что они устанавливаются в процессе производства устройства.

В первом случае необходимо исследовать изменение параметра n_{pixels} .

Сдвиг от центра будет изменяться от 30 пикселей до 39.

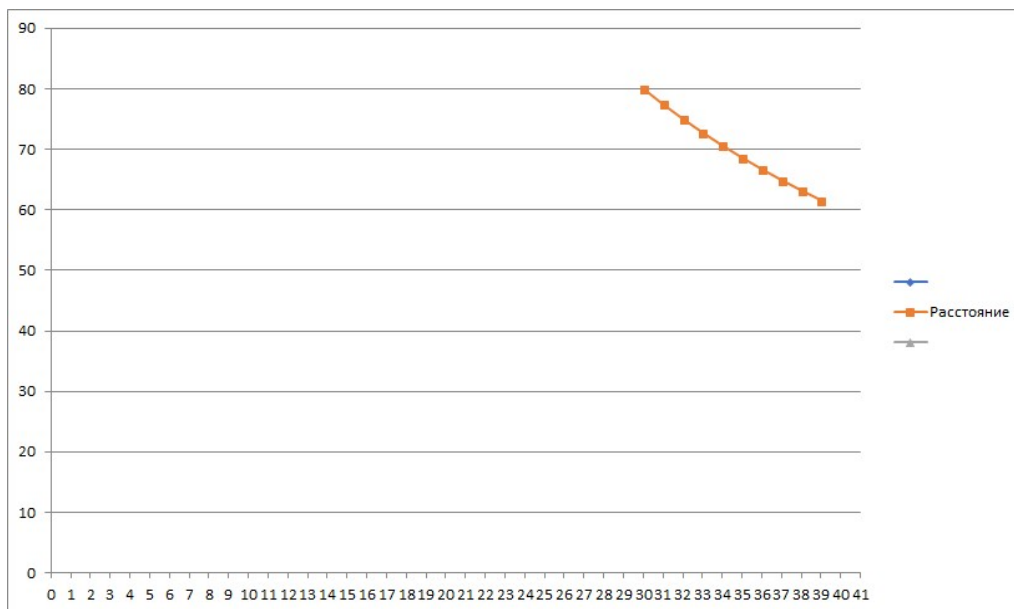


Рисунок 2.7 - Зависимость расстояния до объекта от n_{pixels}

Исходя из графика, можно увидеть, что точность наведения имеет очень большое влияние на полученный результат. Дополнительные 9 пикселей

расстояния объекта от центра дают погрешность в 20 метров. Теперь необходимо протестировать разницу с более точным наведением на цель.

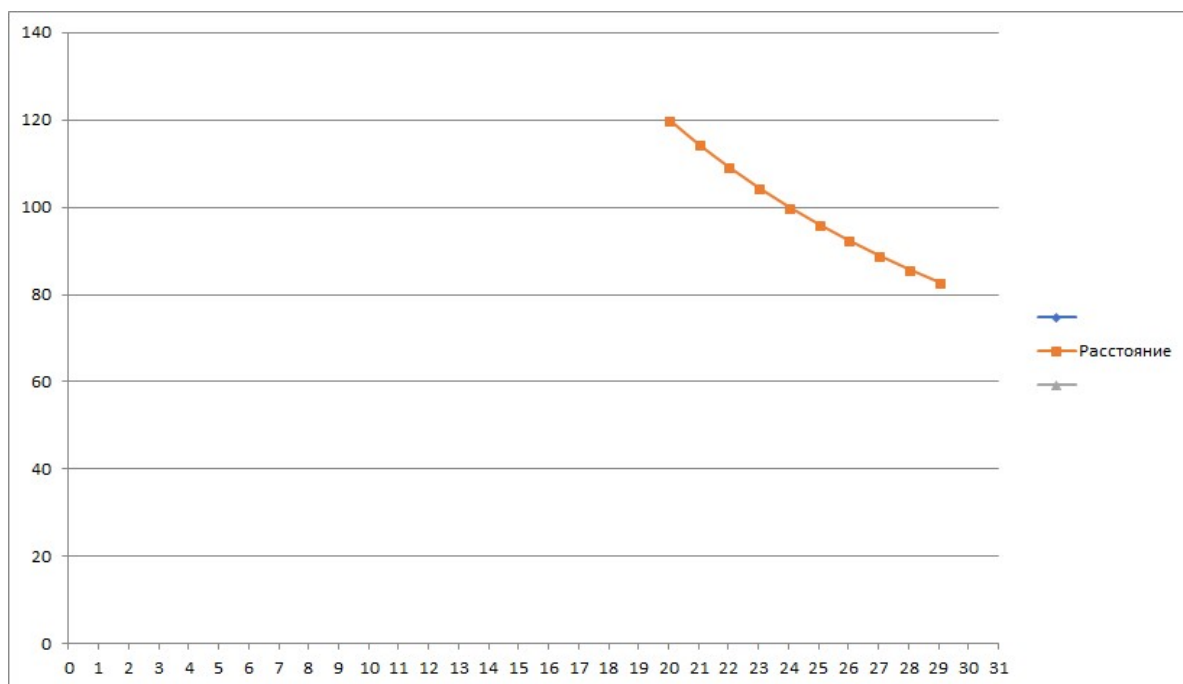


Рисунок 2.8 - Зависимость расстояния до объекта от pixels. Более точное наведение

В данном случае небольшие неточности в наведении приводят к ещё большим ошибкам. Дополнительные 9 пикселей приводят к тому, что результат меняется на 40 метров. Такая погрешность недопустима.

Данные исследования подтверждают, что устройство требует точного наведения на цель.

После этого необходимо исследовать зависимость точности от длины базы. Исследования будут проводиться при максимально точном наведении $n_{\text{pixels}}=1$.



Рисунок 2.9 - Зависимость расстояния от длины базы.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что длина базы имеет огромное влияние на результат. Конечный результат отличается от начального в 10 раз.

Таким образом, можно сделать вывод, что для разработки корректной системы определения координат объекта, при имеющимся расстоянии, количестве пикселей, длине пикселя и расстоянии от линзы до матрицы, необходимо рассчитать длину базы и сдвиг от центра изображения до объекта в пикселях.

Далее необходимо провести исследование статистических параметров системы. Необходимо провести исследование области расположения объекта. В данном случае будут исследоваться такие величины, как математическое ожидание и дисперсия. Они необходимы для дальнейшего вычисления нормального распределения выделенной области.

3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА

3.1 Алгоритм оценки статистических параметров распределения видеоизображения объекта

В данном разделе представляется алгоритм оценки статистических параметров распределения видеоизображения объекта. Перед тем, как представить блок-схему алгоритма, следует привести словесное описание его работы. Первоначально необходимо ввести изображение, после чего оператор должен выбрать область на изображении, в которой находится сам объект. Необходимо посчитать значения математического ожидания и дисперсии для данной области. Данные параметры необходимы для расчёта нормального распределения (P_1). После этого необходимо ввести второе изображение со второй камеры, которая расположена параллельно первой. Так как область с объектом уже выбрана, а камеры расположены параллельно, необходимо рассчитать математическое ожидание, дисперсию, и нормальное распределение таких же областей (P_2) в тех строках, где был выбран объект. Далее, на рисунке 3.1, представлена блок-схема алгоритма.

						Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	

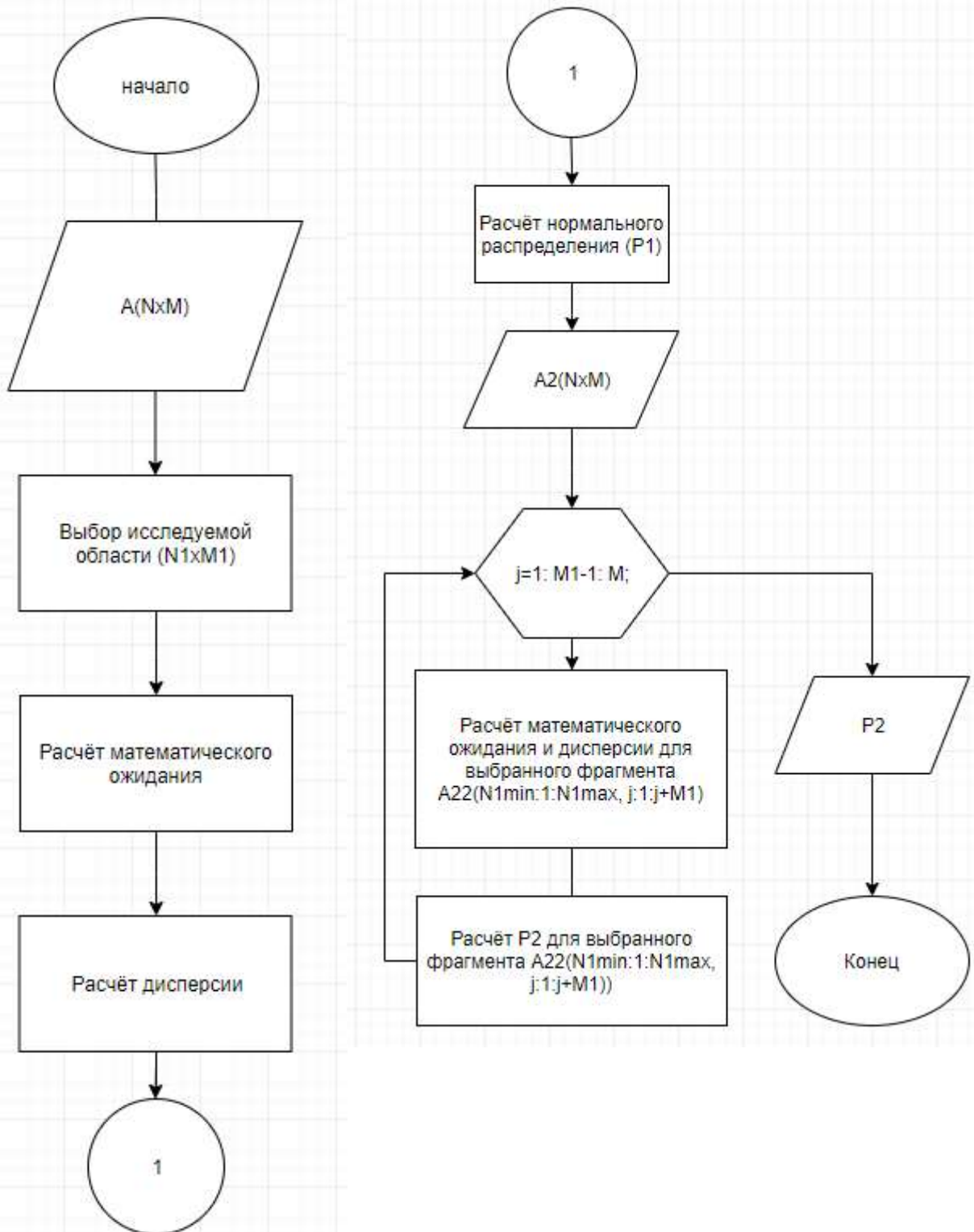


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритма расчёта статистических параметров распределения объекта

3.2 Разработка алгоритма идентификации изображения на нескольких видеоизображениях

В данном разделе приведено словесное описание и блок-схема алгоритма идентификации изображения на нескольких видеоизображениях.

Перед этим необходимо выполнить алгоритм оценки статистических параметров распределения видеоизображения объекта.

После этого необходимо сравнивать нормальное распределение, полученное с первого изображения, с нормальным распределением таких же по размеру областей второго. При этом необходимо задать вероятность ошибки первого рода, которая будет равна 10^{-6} , что позволяет вычислить критерий правдоподобия при помощи критерия Неймана-Пирсона. Таким образом, отношение P_1 и P_2 сравнивается с полученным критерием правдоподобия. В случае, если оно меньше или равно данному критерию, происходит сдвиг проверяемой области на n пикселей. Для более точного определения необходимо сдвигать на 1 пиксель, но для быстрого выполнения этой программы требуется мощная вычислительная система. В данном случае было принято решение делать сдвиг на 5 пикселей с целью ускорения работы программы. Далее представлена блок-схема работы алгоритма.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	34

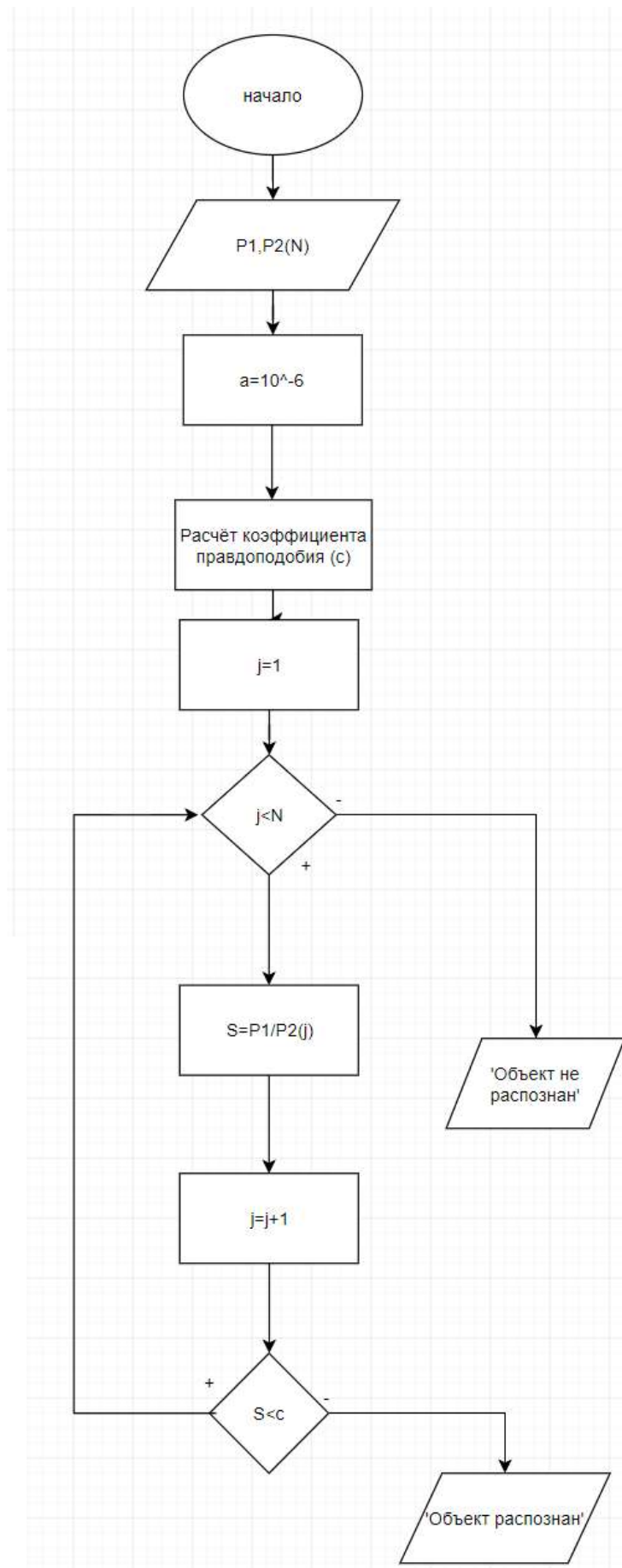


Рисунок 3.2 - блок-схема алгоритма идентификации объекта

3.3. Программная реализация алгоритмов

В данном разделе показана реализация алгоритмов. Алгоритмы реализованы в программном пакете MATLAB.

Начало работы подразумевает под собой ввод изображения и перевод его в удобный для работы формат. Изображение необходимо перевести из цветного в оттенки серого и формат double, т.к. дальнейшая работа в стандартном формате uint8 не поддерживается системой MATLAB.

После этого происходит выбор интересующей области на первом изображении. Данный процесс невозможно полностью автоматизировать, поэтому данная система будет работать с участием оператора.

Далее необходимо произвести расчёт статистических параметров первого изображения. Сделать это можно любым способом: с помощью встроенных функций MATLAB, либо с помощью формул расчёта.

Расчёт нормального распределения происходит так же либо с использованием встроенной функции, либо с помощью формулы.

Данные параметры имеют на выходе одинаковые значения при использовании любого способа, что говорит о правильности произведения расчётов.

После получения нормального распределения необходимо ввести второе изображение, произвести выбор таких же по размеру областей и со сдвигом в 1 пиксель считать те же параметры, что и в первом случае. Таким образом, получается массив нормальных распределений выбранных объектов.

Необходимо задать вероятность ошибки первого рода, которая обычно берётся 10^{-6} . При помощи встроенной функции критерия Неймана-Пирсона производится расчёт критерия правдоподобия.

Теперь для получения распознавания объекта необходимо провести сравнение отношений P_1 и всех полученных P_2 с критерием правдоподобия. Выводиться будет тот фрагмент, отношение с которым превосходит определенный ранее критерий правдоподобия.

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Далее идёт расчёт расстояния до объекта по способу, описанному в пункте 2.3.

Программа должна вывести индикатор нахождения объекта (1 – объект найден, 2 – объект не найден), область нахождения данного объекта на изображении и расстояние до него в метрах. В следующем разделе будет проведена проверка работоспособности программы.

						Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	

4 ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРОГРАММЫ

В данном разделе будет показана работа программы. Для проверки работы будут использованы следующие фото:

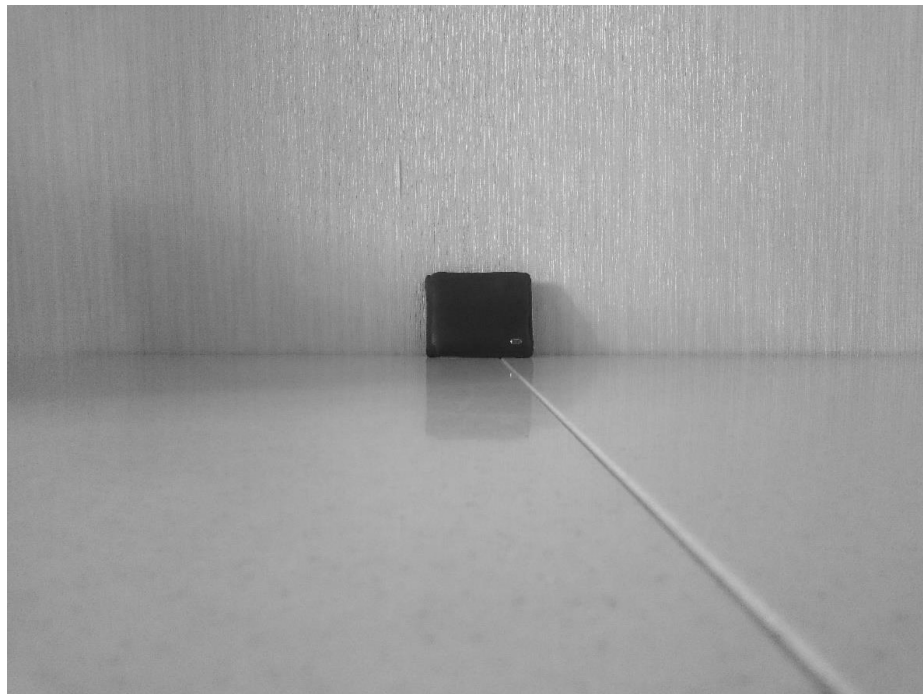


Рисунок 4.1 - Фото с камеры №1

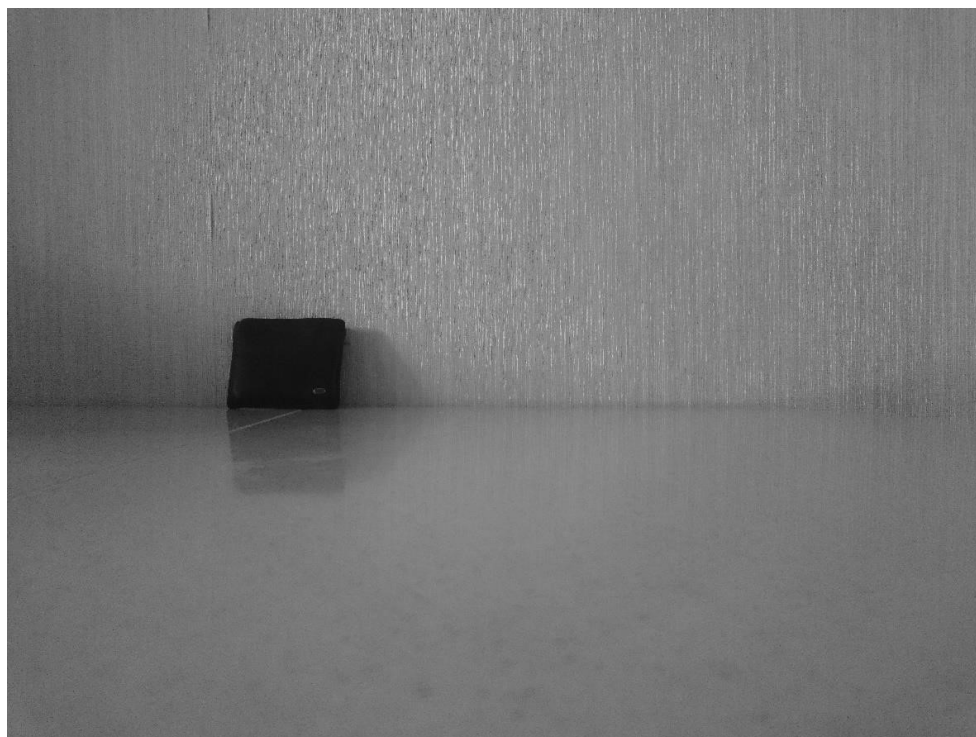
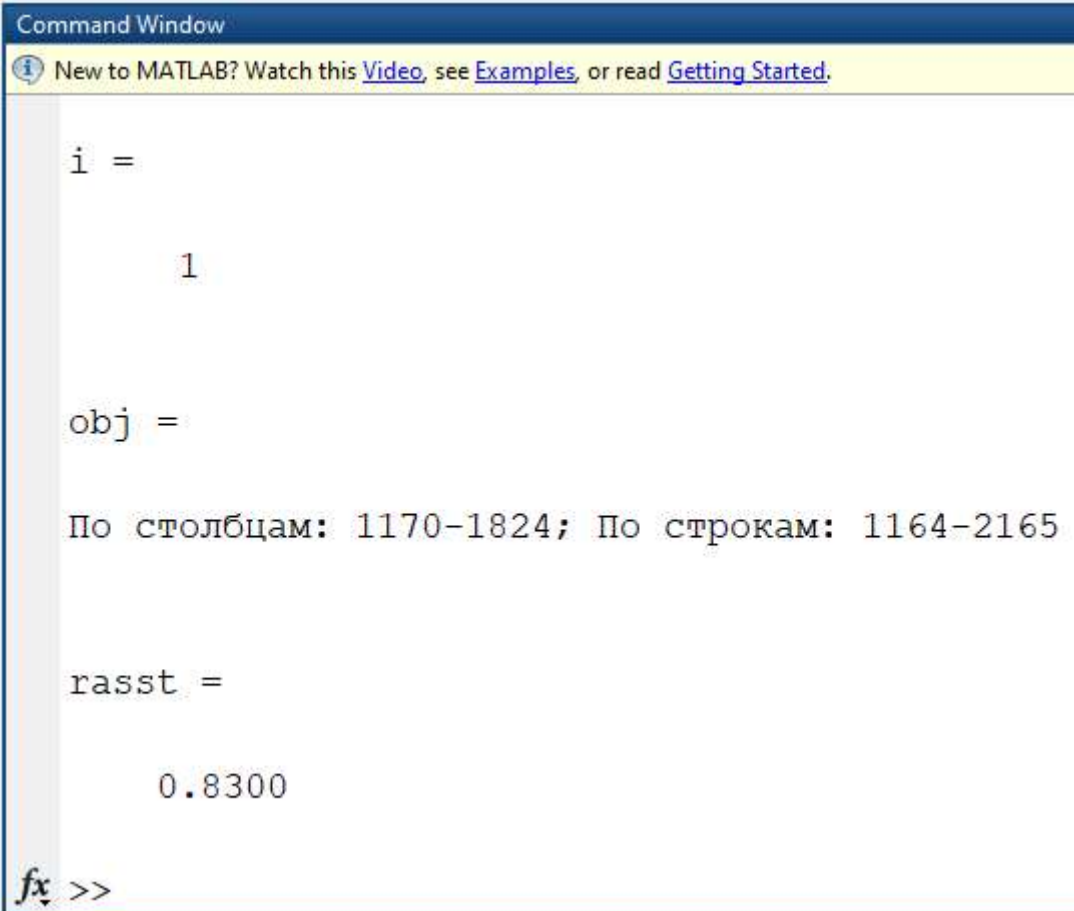


Рисунок 4.2 - Фото с камеры №2

					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Объект на фотографии с камеры №1 выбран, программа запущена. Ниже приводится скриншот работы программы.



```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Examples, or read Getting Started.

i =

    1

obj =

По столбцам: 1170-1824; По строкам: 1164-2165

rasst =

    0.8300

fx >>
```

Рисунок 4.3 - Результаты работы программы

На скриншоте приведены результаты работы программы. Программа отображает индикатор обнаружения объекта, то есть объект обнаружен. Программа отображает область расположения объекта по пикселям (с какого по какой по строкам и столбцам) и расстояние до объекта. Расстояние до объекта по результатам работы программы составляет 0.83 метра. Реальное расстояние составляло 0.8 метра. Данная погрешность считается допустимой.

5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КООРДИНАТ

5.1. Планирование работ по исследованию.

Реализация разработки алгоритма определения координат объектов на основе данных измерений 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 таблице планирования работ по исследованию

Таблица 5.1 – Подсчёт количества часов

Наименование этапов работ	Исполнитель	Трудоемкость, час	Продолжительность, дней
1	2	3	4
1. 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

Окончание таблицы 5.1

Наименование этапов работ	Исполнитель	Трудоемкость, час	Продолжительность, дней
1	2	3	4
2. Основной (экономический анализ)			
2.1 Обоснование целесообразности работы	Старший преподаватель	16	1
2.2 Выполнение работы	Студент-практикант	168	7
Итого:		184	8
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.

5.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование.

Производится расчет расходов на оплату труда анализа и разработки алгоритмов представлен в таблице расчета расходов на оплату труда.

Таблица 5.2 – Смета затрат на оплату труда

Должность исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад
1	2	3
Старший преподаватель	32	20000
Студент практикант	358	–
Итого:	390	20000

Ставка старшего преподавателя по часам:

$$Ч_{тс} = \frac{P}{F_{мес}} = \frac{20000}{176} = 113.64$$

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 ($P_{от}$):

$$P_{от} = Ч_{тс} \times T_{сум} = 113.64 \times 32 = 3636.48$$

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

Таблица 5.3 – Ставка по часам

Должность исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад, руб	$Ч_{тс}$, руб/час	$P_{от}$, Руб
1	2	3	4	5
Старший преподаватель	32	20000	113.64	3636.48
Студент практикант	358	–	–	–
Итого	390			3636.48

5.3 Расчет продолжительности исследования

Расчет трудоемкости работы составила 390 часов.

Продолжительность анализа и разработки алгоритмов составит:

$$T_{иссл} = \frac{T_{сум}}{T_{рд}} = \frac{390}{8} = 48,75$$

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.

5.4 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 5.4 – Смета затрат на приобретение оборудования и расходных материалов

Наименование расходных материалов	Цена за единицу, руб	Количество, шт	Сумма, руб
Бумага	2	60	120
Ручка	10	1	10
Расходные материалы для принтера (картридж)	1500	1	1500
Ватман	276	1	276
Смартфон Sony Xperia Z3 Compact	27000	1	27000
Камера Olympus E-PL 1	12000	1	12000
Компьютер Dell Vostro 3900-4476	38000	1	38000
Файл	2	5	10
Скоросшиватель	250	1	250
Итого:			79170

Для проведения анализа и разработки алгоритмов на приобретение расходных материалов требуется 79170 рублей.

5.5 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:

$$ПВ = P_{от} \times K_{ПВ} = 3636.48 \times 1 = 3636.48 \text{ руб.}$$

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:

$$З_{доп} = P_{от} \times K = 3636.48 \times 14\% = 3636.48 \times 0,14 = 509,11 \text{ руб.}$$

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:

$$P_{общ} = P_{от} + ПВ + РК + З_{доп} = 3636.48 + 509,11 = 4142,59 \text{ руб}$$

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

Из таблицы 5.4 берется итоговая сумма стоимости расходных материалов по статье расходных материалов:

$$\Sigma P_{рм} = 79170 \text{ руб.}$$

Страховые взносы:

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$CB = P_{OT} \times 0.3 = 3636.48 \times 0.3 = 1090.95$$

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

$$AO = C_{ПК} \times 0,25 = 38000 \times 0.25 = 9500 \text{ руб.}$$

Расходы на использование интернета берутся из расчета месячной абонентской платы для предприятия. $P_{ИНТ} = 500$ руб.

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

$$P_{АХ} = P_{OT} \times 0,5 = 3636.48 \times 0,5 = 1818.24 \text{ руб.}$$

Результаты расходов сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Смета расходов на разработку и проведение исследования

Наименование статей расходов	Сумма, руб.	Удельный вес статей, %
1.Стоимость расходных материалов	79170	82.28%
2.Расходы на оплату труда	4142.59	4.31%
2.1Основная заработная плата	3636.48	3.77%
2.2Дополнительные затраты	509.11	0.53%
2.3Премияльные выплаты	–	–
2.4 Районный коэффициент	–	–
3.Единый социальный налог	1090.95	1.2%
4.Амортизационные исчисления на использование компьютера	9500	9.87%
5.Расходы на использование Интернет	500	0.52%
6.Административно-хозяйственные расходы	1818.24	1.89%
Итого:	96221.78	100%

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

продолжительность исследовательских работ составила 49 дней;

сметы расходов на исследование – 96221.78.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был проведен анализ существующих систем определения координат объекта. В результате анализа было установлено, что существуют лазерные и оптические системы.

Обоснованы комплектующие и технические характеристики системы.

Была выбрана матрица камеры КМОП в качестве используемой, т.к. она соответствует всем современным стандартам, позволяет получить хорошее качество изображения и своим быстродействием позволяет выполнять поставленную в выпускной квалификационной работе задачу.

Разработана структурная схема и рассчитаны технические параметры системы. В качестве эталонной была использована система с использованием двух камер параллельных камер.

В качестве вычислительного устройства использовался персональный компьютер. Алгоритм был реализован в программной среде MATLAB. Проведена проверка работы данной системы. Система автоматически распознала объект на второй камере, после чего определила положение в объективе второй камеры, и подсчитала расстояние до объекта. Погрешность составила 3,75%, что в пределах нормы.

Проведено технико-экономическое обоснование системы. Стоимость реализации составляет 79170 рублей без учета зарплат.

В дальнейшем алгоритм можно использовать для вычисления координат объекта в системах стереозрения.

Таким образом, совокупность переменных при выполнении задач выпускной квалификационной работы позволили достичь поставленной цели, а именно разработка автоматизированной системы определения координат объекта. Проанализированы существующие параметры многоканальных систем и зависимость точности системы оценки координат от параметров. Разработан алгоритм и проведена программная реализация автоматизированной системы

						Лист
					11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определения координат объекта. Проведена проверка работоспособности алгоритма. Проведено обоснование экономических расчетов автоматизированной системы определения координат объекта.

						Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фомин, Я. А. Статистическая теория распознавания образов [Текст]/ Я. А. Фомин. - М.: Радио и связь, 1986. - 264 с.
2. Болховская, О. В. Основы теории обнаружения при обработке сигналов [Текст] / О. В. Болховская. - Нижний Новгород: НГУ, 2015. – 47 с.
3. Ларичев О. И. Качественные методы принятия решений: Вербальный анализ решений / О. И. Ларичев // М.: Наука - Физматлит - 2000. – 208 с.
4. Сирота, А. А. Статистические алгоритмы обнаружения границ объектов на изображениях / А. А. Сирота // ВГУ. - 2008. - с. 58-64.
5. Лаевский, В. Е. Методика субоптимальной оценки работы алгоритмов получения контурного рисунка изображений [Текст] // В. Е. Лаевский. – Известия Томского политехнического университета. – 2009. - №5. - с. 126 – с. 130.
6. Буймов А. Г., Ильин С. П. Мозаичное изображение с управляемой корреляцией // Автометрия. – 1987. – № 5. – С. 30–35.
7. Сергеев В. В., Сойфер В.А. Имитационная модель изображения и метод сжатия данных. Обработка изображений в автоматизированных системах научных исследований. – М.: Наука, 1978. – С. 76–78.
8. Головки В. А. Нейроинтеллект: Теория и применения. Книга 2. Самоорганизация, отказоустойчивость и применение нейронных сетей // В. А. Головки – Брест: БПИ, 1999, - 228с
9. Логвиненко А.Д. Чувственные основы восприятия пространства, М., Изд. МГУ, 1985 – 224с.
10. The Editors of Encyclopædia Britannica. "Range Finder (instrument)." Encyclopædia Britannica Online. Encyclopædia Britannica, n.d. Web. 06 Nov. 2014.
11. "How Google's Self-Driving Car Works." - IEEE Spectrum. N.p., n.d. Web. 10 Nov. 2014.

12. Army Test and Evaluation Command, Aberdeen Proving Ground Maryland (1969) Laser Rangefinders Ft. Belvoir Defense Technical Information Center, U.S. Army, Ft. Belvoir, Virginia, OCLC 227620848 20 pages (early history of the use of lasers in rangefinders)

13. Gething, Michael J. (1993) Airborne Weapons: A Defence Handbook: A compilation of articles from Defence magazine over the last five years, charting the development of Airborne Weapons since 1987 Cardiff Publishing Company, Englewood, Colorado, ISBN 1-881289-11-7, 44 pages

14. Infantry and Cavalry School (1905) Notes on rangefinders, compasses and on contouring with the Scale of Horizontal Equivalentents (series: Infantry and Cavalry School Lectures 1902-1910) Staff College Press, U.S. Army, Fort Leavenworth, Kansas, OCLC 278057724, 35 pages

15. Photographic and Imaging Manufacturers Association (1999) American national standard for photography (optics) : rangefinders and other focusing aids – performance specifications (revision and redesignation of "ANSI PH3.619-1988" as "ANSI/PIMA IT3.619-1998") American National Standards Institute, New York, OCLC 41501265, 14 pages

16. Hicks, Roger and Schultz, Frances (2003) Rangefinder: Equipment, History, Techniques Guild of Master Craftsmen, Lewes, United Kingdom, ISBN 1-86108-330-0

17. Ehlert, Detlef; Adamek, Rolf and Horn, Hans-Juergen (2009) "Laser rangefinder-based measuring of crop biomass under field conditions" Precision Agriculture 10(5): pp. 395–408

18. Infantry and Cavalry School (1905) Notes on rangefinders, compasses and on contouring with the Scale of Horizontal Equivalentents (series: Infantry and Cavalry School Lectures 1902-1910) Staff College Press, U.S. Army, Fort Leavenworth, Kansas, OCLC 278057724, 35 pages

19. Whitehouse, J. C. (2005) "Further considerations of defocus rangefinders" Transactions of the Institute of Measurement and Control 27(4): pp. 297–316

									Лист
									49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11070006.11.03.02.555.ПЗВКР				