

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

---

Институт неразрушающего контроля \_\_\_\_\_  
Направление подготовки приборостроение \_\_\_\_\_  
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Разработка системы контроля человека в зоне освещения

УДК 004.93'12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко Алексей Васильевич	Доктор технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	Кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физико- математических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результат	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для создания и обработки новых материалов.
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий и машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач.
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения.
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке приборостроительного производства.
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределённых условиях.
P6	Внедрять, эксплуатироваться и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на приборостроительном производстве выполнять требования по защите окружающей среды.
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учётом юридических аспектов защиты и интеллектуальной собственности.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификация, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

---

Институт неразрушающего контроля \_\_\_\_\_  
Направление подготовки приборостроение \_\_\_\_\_  
Кафедра физических методов и приборов контроля качества \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Суржиков А.П.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич

Тема работы:

Разработка системы контроля человека в зоне освещения

Утверждена приказом директора (дата, номер) | 1286/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2016

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Средства обнаружения человека в зоне освещения, в частности, получаемые с детекторов сигналы. Измерения будут производиться в непрерывном процессе.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).  <u>экспериментальные исследования реакции датчиков разных типов на движение, анализ и обработка сигналов с сенсоров, разработка системы детектирования человека</u></i>	Экспериментальные исследования реакции датчиков разных типов на движение, анализ и обработка сигналов с сенсоров, разработка системы детектирования человека
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый Менеджмент	Чистякова Н.О.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
3. Экспериментальные исследования	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	23.09.2015
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко Алексей Васильевич	Доктор технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 1БМ4Б	<b>ФИО</b> Матвееву Ивану Григорьевичу
------------------------	---

<b>Институт</b>	<b>институт неразрушающего контроля</b>	<b>Кафедра</b>	<b>кафедра физических методов и приборов контроля качества приборостроение</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>приборостроение</b>

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БМ4Б	Матвееву Ивану Григорьевичу

<b>Институт:</b>	институт неразрушающего контроля	<b>Кафедра</b>	кафедра физических методов и приборов контроля качества
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	приборостроение

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения.	<p>Объект исследования: система детектирования для интеллектуальной системы освещения</p> <p>Оборудование для проведения исследований: компьютеры, измерительные приборы, паяльная станция</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенный уровень электромагнитного и электростатического полей.</li> <li>- повышенный уровень шума.</li> <li>- повышенная температура внешней среды.</li> <li>- недостаточная освещенность.</li> <li>- повышенная концентрация вредных веществ.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опасность поражения электрическим током.</li> <li>- ожоги при контакте с оголёнными токоведущими линиями и при не аккуратном обращении с паяльником.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность</b>	Проводится анализ воздействия на атмосферу и литосферу.

<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.	Вероятно следующее ЧС: пожар.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 18 рис., 27 табл., 25 источников, 3 прил.

Ключевые слова: интеллектуальная система освещения, датчики движения, обнаружение движения, обнаружение человека, система обнаружения, модуль обнаружения

Объектом исследования являются средства обнаружения человека в зоне освещения, в частности, получаемые с детекторов сигналы.

Цель работы: разработка системы обнаружения человека в зоне освещения

В процессе исследования проводились экспериментальные исследования реакции датчиков разных типов на движение, анализ и обработка сигналов с сенсоров, разработка системы детектирования человека

В результате исследования была разработана экспериментальная установка для исследования средств обнаружения, был спроектирован прототип системы обнаружения и разработано программное обеспечение для нее.

Область применения: в качестве модуля обнаружения в интеллектуальной системе освещения

В будущем планируется доработка и внедрение в существующий прототип интеллектуальной системы освещения

# Оглавление

Введение.....	11
1.Обзор литературы.....	14
1.1.Методы обнаружения движения в зоне контроля.....	14
1.1.1.Инфракрасный.....	14
1.1.2.Акустический (Ультразвуковой).....	17
1.1.3.Радиоволновой (СВЧ).....	18
1.1.4.Визуальный метод контроля.....	20
1.1.5.Комбинированные методы контроля.....	22
2.Объект и методы исследования.....	24
3.Экспериментальные исследования.....	25
3.1.Обзор используемых компонентов.....	25
3.2.Экспериментальная установка.....	31
3.3.Программное обеспечение экспериментальной установки.....	34
3.4.Методика проведения эксперимента.....	36
3.5.Анализ полученных данных.....	38
3.6.Результаты эксперимента.....	44
4.Разработка системы обнаружения.....	46
4.1.Структурная схема модуля детектирования.....	46
4.2.Программное обеспечение системы обнаружения.....	48
5.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	52
5.1.Введение.....	52
5.2.Потенциальные потребители результатов исследования.....	53
5.3.Инициация проекта.....	59
5.4.Планирование управления научно-техническим проектом.....	61
5.5.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	70
5.6.Заключение по разделу.....	73
6.Социальная ответственность.....	74
6.1.Введение.....	74
6.2.Производственная безопасность.....	76
6.3.Экологическая безопасность.....	82
6.4.Безопасность в ЧС.....	83
6.5.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84

6.6.Организация рабочего при работе за компьютером.....	85
Заключение.....	87
Дальнейшая работа над проектом.....	88
Список публикаций студента.....	89
Список использованных источников.....	91
Приложение А - Раздел выполненный на иностранном языке.....	94
Приложение Б - Исходный код программы для экспериментальной установки.....	110
Приложение В - Исходный код программы для системы обнаружения.....	116

## Введение

---

Современные системы освещения города имеют повышенные требования к энергосбережению и ресурсоэффективности из-за возрастающих энергетических затрат на освещение города. Таким требованиям удовлетворяют интеллектуальные системы освещения.

Преимущества интеллектуальной системы освещения перед обычными:

- *гибкость реакции систем освещения в зависимости от внешних условий;*
- *зависимость освещения от присутствия и движения людей в зонах освещения*
- *адаптируемость систем освещения к внешним условиям;*

Ключевым элементом такой системы является модуль детектирования движения человека в зоне контроля. Точность и надёжность этого узла влияет на работоспособность и эффективность интеллектуальной системы освещения в целом. Именно в процессе работы системы детектирования, происходит регистрация движения человека и передача информативного сигнала управляющему устройству.

Существующие средства обнаружения, входящие в состав систем освещения, обладают рядом недостатков, в частности, неточностью, высокой погрешностью, ненадежностью. Их работоспособность имеет высокую зависимость от условий эксплуатации. Эти проблемы в большей мере могут быть решены использованием комбинации методов контроля и эффективным алгоритмом обработки сигналов, исследование которых произведено в данной работе.

Учитывая значимость модуля обнаружения, в составе интеллектуальной системы освещения, к нему предъявляются следующие требования:

- *Высокая вероятность обнаружения движения человека.* Одной из

значительных проблем, возникающих при эксплуатации интеллектуальных систем освещения, является правдоподобность получаемых с датчиков данных, т.е. соответствие наличия движения в зоне контроля и сигналами поступающими с детектирующего устройства. Данная трудность объясняется несовершенством методов и средств контроля относительно текущей задачи.

- *Способность системы дифференцировать род движения.*

Немаловажной чертой является способность модуля выделять движение человека в зоне освещения на фоне движения нежелательных объектов (колебания травы, перемещение мелких животных, движение машины).

- *Дальность действия системы.* Использование модуля обнаружения, в рамках интеллектуальной системы освещения, подразумевает заблаговременное обнаружение движения человека для включения соответствующего фонаря. Для разрабатываемой системы, приемлемая дальность обнаружения находится в диапазоне 7 - 10 метров.

- *Гибкость и встраиваемость системы.* Так как система обнаружения разрабатывается как модульный элемент с возможностью интеграции в интеллектуальную систему освещения, интерфейсы модуля должны поддерживать полную совместимость с внешним управляющим устройством, а инфраструктура и программное обеспечение должны предоставлять широкий набор параметров и функций для изменения и контроля.

На текущий момент, прототип интеллектуальной системы освещения создается в рамках проекта SmartLighting system, в лаборатории FILA, на базе университета прикладных наук Анхальта (Германия). Работа над проектом предполагает разработку различных модулей, одним из которых является модуль обнаружения, разработка которого осуществляется в текущей работе.

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается разработка системы обнаружения, на основе экспериментальных исследований, с использованием комбинации методов контроля на основе микрокомпьютера

BeagleBone Black, которая включает в себя аппаратную и программную части.

Использование этого микрокомпьютера в данной работе обусловлено наличием в интеллектуальной системе освещения, помимо модуля детектирования, ряда других подсистем, таких как система коммутации между узлами, система управления освещением. Так как работа над системами ведется одновременно разными разработчиками, важно обеспечить совместимость модулей. Данный подход, в конечном итоге, позволяет использовать одно управляющее устройство для нескольких подсистем. Также, операционной системой BeagleBone Black является Linux, что делает его оптимальной платформой для быстрой разработки программного обеспечения. Процессор Cortex-A8 с частотой 200 МГц, обеспечивает требуемое быстродействие, а ряд интерфейсов микрокомпьютера предоставляет гибкость при взаимодействии между элементами системы, что создает возможности для расширения, подключения дополнительных модулей к системе. Учитывая дешевизну микрокомпьютера, относительно аналогов, его использование является приемлемым при создании прототипа интеллектуальной системы освещения.

В ходе работы были проведены экспериментальные исследования различных датчиков движения, типичных для использования системах обнаружения. В результате чего, была спроектирована аппаратная часть и разработан эффективный алгоритм обработки сигналов, позволяющий с высокой вероятностью обнаружить движение человека в области контроля.

## 1. Обзор литературы

---

### 1.1. Методы обнаружения движения в зоне контроля

#### 1.1.1. Инфракрасный

##### *Пассивный метод контроля*

Принцип действия основан на регистрации изменения инфракрасного (ИК) излучения, вызванного перемещением или деятельностью человека [1]. Интенсивность инфракрасного излучения зависит от температуры тела, которое в ИК диапазоне светится ярче при более высоких температурах тела. Первичным преобразователем в таких датчиках выступает пироэлемент. При попадании инфракрасного излучения, выделяемого любым тепловым объектом, на пироприемник на его поверхности образуется электрический заряд.

Когда объект движется, его ИК излучение поочередно фокусируется различными линзами системы на сенсоре (количество линз обычно варьируется от двадцати до шестидесяти штук), это и является сигналом к выполнению заложенной в датчике функции.

Для регистрации факта движения теплового объекта в детекторе с помощью многосегментного зеркала формируется многолучевая диаграмма направленности, состоящая из множества лучей детекции, направленных под разными углами и в различных направлениях. Пересечение этих лучей тепловым объектом приводит к попаданию на пироэлемент импульсов ИК излучения и, как следствие, формирование последним электрических импульсов. Эти импульсы усиливаются и обрабатываются детектором, который подсчитывает их количество и временной интервал между ними. Значения этих параметров определяют помехоустойчивость прибора и диапазон обнаруживаемых скоростей перемещающегося теплового объекта (от 3 м/с для быстро бегущего человека до 0,3 м/с для очень медленного перемещения). Лучи детекции образуют зону обнаружения, которая определяет чувствительность прибора, т. е. максимальное расстояние, на котором ещё происходит уверенное

обнаружение перемещающегося объекта. Точные геометрические характеристики (конфигурация) зоны обнаружения обеспечиваются многосегментными зеркалами и оптической системой на линзах Френеля. Использование различных типов линз позволяет изменять конфигурацию зоны обнаружения в зависимости от обстановки. Оптическая система в зависимости от типа используемых линз позволяет получать зоны обнаружения следующих типов: объёмную, поверхностную и узконаправленную [2].

Чем больше линз в системе датчика движения, тем выше его чувствительность. Так же, чем больше площадь поверхности системы линз, тем шире зона охвата у датчика движения.

К достоинствам инфракрасных датчиков стоит отнести:

- ✓ Возможность регулировки дальности и угла обнаружения движущихся объектов.

- ✓ При работе абсолютно безопасны для здоровья человека и животных, так как работают в качестве приемника, ничего не излучая.

При этом недостатками инфракрасных датчиков являются:

- ✗ Возможность ложных срабатываний из-за источников ИК-излучения, к которым относятся тёплый воздух, автомобили, солнечный свет, осадки.

- ✗ Относительно небольшой диапазон рабочих температур.

- ✗ Не обнаруживает объекты, покрытые не пропускающими ИК-излучение материалами.

*Активный метод контроля*

В отличие от пассивных пирозлектрических сенсоров, которые основаны на регистрации изменения интенсивности инфракрасного излучения, активные датчики основываются на излучении инфракрасного пучка и его приёме.

Датчики основанные на регистрации отражённого пучка. В датчиках, основанных на данном методе, излучатель отправляет коротковолновый

инфракрасный пучок, после чего, отражённое от объекта излучение регистрируется приёмником. Базируясь на определении расстояния до объекта, от которого произошло отражение, данный метод может использоваться для обнаружения присутствия или движения объектов в зоне контроля.

Коротковолновое инфракрасное излучение, используемое в датчиках такого типа, проходит сквозь большинство материалов, пропускающих видимый свет. Отражение происходит как от тёмных, так и от светлых материалов, но в большей степени от светлых и гладких поверхностей.

Таблица 1 - Сравнительные характеристики инфракрасных датчиков разных типов

Характеристика	Пассивные (пироэлектрические) инфракрасный сенсор	Сенсоры основанные на регистрации отраженного пучка
Длина волны	От 5 до 15 мкм	От 900 до 100 нм
Чувствительность к инфракрасному излучению, излучаемого человеком	Да	Нет
Прохождение излучения через пластмассовые, стеклянные объекты	Нет	Да
Обнаружение металлических объектов	Нет	Да
Дальность обнаружения	Более 30 м	До 6 м
Обнаружение объектов	Только движущихся	Движущихся и неподвижных
Зона обнаружения	Зависит от типа линз	Только узкая
Ошибочное срабатывание из-за дождя, снега...	Нет	Да

### 1.1.2. Акустический (Ультразвуковой)

Датчики такого типа используют принцип активной локации, то есть сканирование окружающего пространства (зоны контроля) посредством звуковых волн в ультразвуковом диапазоне. Параметры принятых волн постоянно контролируются датчиком.

Ультразвуковые волны представляют собой упругие механические колебания, распространяющиеся в воздушной среде. Появление в зоне обнаружения человека или иного объекта приводит к изменению характеристик поля. Это происходит за счёт известных физических эффектов, таких как реверберация, дифракция, интерференция, эффекта Доплера и других [3].

Ультразвуковое поле может создаваться импульсным или непрерывным излучением (без модуляции или с модуляцией амплитуды и/или частоты) [3]. Обнаружение человека может быть основано на анализе ряда параметров отправленной и принятой ультразвуковой волны, таких как разница амплитуд, частот и временных характеристик. Также существуют датчики, в которых излучатель и приёмник монтируется напротив друг друга, в случае если ультразвуковой пучок прерывается объектом, подаётся сигнал на выполнение функции. В более сложных современных детекторах объёмного обнаружения используется совокупность информационных признаков, обрабатываемых по определённому алгоритму.

Наибольшее распространение получили датчики, основанные на эффекте Доплера, согласно которому частота ультразвукового сигнала, отражённого от движущегося препятствия, отличается от первоначальной на величину, прямо пропорциональную излучаемой частоте и радиальной скорости движения отражателя, и обратно пропорциональную скорости распространения ультразвука в контролируемой среде. Эта величина будет положительной, если радиальная составляющая движения отражателя направлена в сторону источника ультразвука (при приближении к датчику), и отрицательной – в противоположном случае (при удалении от датчика). При обнаружении

изменения частоты отражённого сигнала, вследствие движения объектов, датчик запускает заложенную в нее функцию.

Посредством пьезоэлектрического элемента генерируются волны с частотой 20-60 кГц, которые излучаются в зону контроля и, отразившись от окружающих объектов, поступают обратно на пьезоэлемент.

При появлении в зоне обнаружения ультразвукового датчика движения появляется движущийся объект, частота отражённой от объекта волны изменяется (эффект Доплера), что регистрируется приёмником датчика и от него поступает сигнал на выполнение заложенной в ультразвуковой датчик движения функции [4].

Датчики данного типа имеют следующие достоинства:

- ✓ невысокая стоимость;
- ✓ не подвергаются влиянию окружающей среды;
- ✓ определяют движение вне зависимости от материала объекта;
- ✓ влияние скоростей воздушных потоков до 10 м/с на работу датчиков пренебрежимо мало.

Однако имеют следующие недостатки:

- ✓ относительно невысокая дальность действия;
- ✓ срабатывает только на достаточно резкие перемещения, если двигаться плавно, возможно обмануть ультразвуковой датчик движения;
- ✓ температура и влажность влияют на скорость звука. Увеличение температуры воздуха значительно влияет на точность срабатывания.

### **1.1.3. Радиоволновой (СВЧ)**

Принцип действия этих приборов основывается на интерференции радиоволн сантиметрового диапазона или эффекте Доплера. Радиоволна, излучаемая прибором, отражаясь от движущегося предмета, меняет свою длину

или частоту. После отражения от объекта радиоволна фиксируется прибором. Далее действия датчика определяются заданными характеристиками и алгоритмом работы: происходит либо формирование тревожного извещения и передача его на приёмно-контрольное устройство, либо игнорирование принятой радиоволны с изменёнными характеристиками (если параметры зафиксированного объекта не соответствуют заданным). Современные охранные датчики защищены от ложных срабатываний, например, при движении в зоне обнаружения одиночных мелких животных или птиц [5].

Каждый детектор содержит СВЧ-модуль, в состав которого входят излучатель и приёмник высокочастотных колебаний. Радиоволновые детекторы являются активными устройствами, так как излучают в пространство СВЧ колебания [5].

Источник излучает высокочастотные электромагнитные волны (обычно 5 - 8 ГГц), которые, отражаясь от окружающих объектов, регистрируются сенсором. Полученный сигнал усиливается и фильтруется, чтобы исключить регистрацию объектов, перемещающихся или слишком медленно, или слишком быстро. Выделяются только те скорости (от 1 до 5 км/ч), которые присущи движению человека. Смесительный диод складывает излучаемые (эталонные) и отражённые волны.

Датчик такого типа обладает рядом достоинств:

- ✓ способен обнаруживать объекты за разнообразными диэлектрическими или слабо проводящими ток препятствиями: тонкими стенами, дверьми, стёклами и т.п.;
- ✓ работоспособность датчика не зависит от температуры окружающей среды или объектов;
- ✓ способен реагировать на самые незначительные движения объекта;
- ✓ может иметь несколько независимых зон обнаружения.

А также некоторыми недостатками:

х имеет более высокую стоимость относительно датчиков других типов с аналогичными показателями;

х СВЧ излучение небезопасно для здоровья человека, необходимо выбирать микроволновые датчики движения с малой мощностью излучения, безопасным для человека является непрерывное излучение с плотностью мощности до 1 мВт/см<sup>2</sup>.;

х возможность ложных срабатываний, из-за движений вне необходимой зоны наблюдения, такими источниками ложных срабатываний могут быть, например:

- установочная арматура включённых ламп дневного света;
- работающее электрооборудование, создающее вибрацию;
- мелкие животные и птицы.

#### **1.1.4. Визуальный метод контроля**

Развитие технологий в области записи и обработки видеоизображений позволяет находить применение видео не только в случаях, на которые направлены видео-технологии – запись и воспроизведение видеoinформации, но и в неочевидных случаях – например, использование видеокамер в качестве интеллектуальных датчиков. Широкое распространение получили камеры, используемые для распознавания движения объектов контроля, в современных автомобилях для большей автоматизации процесса движения и его безопасности [6-7]. Тем не менее, видеокамера в качестве интеллектуального датчика для систем освещения практически не используется. Разработка совершенных алгоритмов обработки информации позволяет проектировать такие системы [8].

Для идентификации объектов контроля используются критерии, которые определяются комбинацией точек, полученной при обработке видеокadra (рисунок 1).



Рисунок 1 - Диаграмма работы системы анализа видео

Данные, полученные с камеры, обрабатываются специализированными алгоритмами (например, OpenCV). В рассматриваемом алгоритме видеокадр делится на точки, которые классифицируются, фильтруются и образуют некоторую комбинацию, характеризующую определенное свойство идентифицируемого объекта. В результате нахождения искомого объекта, подается сигнал на выполнение дальнейших функций.

Достоинства визуального метода контроля:

- ✓ Контроль большего пространства, в отличие от других методов;
- ✓ Идентификация не только движения, но и присутствия объекта;
- ✓ Низкая вероятность ложных срабатываний.

При этом недостатками данного метода являются:

- ✗ Сложность алгоритмов обработки данных с камеры;
- ✗ Зависимость от освещения, которую можно компенсировать с помощью инфракрасного фильтра.

Визуальный метод может быть широко использован на участках дорог, где уже функционируют камеры, что позволит снизить затраты на реализацию интеллектуальной системы освещения. Высокое разрешение современных камер позволяет использовать одну камеру вместо нескольких датчиков на одном и том же участке дороги.

### 1.1.5. Комбинированные методы контроля

Рассмотрев основные методы обнаружения человека в зоне контроля, можно сделать вывод о том, что несмотря на их достоинства, существуют и значительные недостатки методов. В основном, эти недостатки связаны с неспособностью датчика обнаружить человека при определенных условиях или, напротив, их ложными срабатываниями.

Использование совокупности методов контроля и принципов обнаружения может значительно уменьшить вероятность некорректного срабатывания датчика. Сигнал тревоги выдается только в том случае, если одновременно или в течение небольшого интервала времени срабатывают оба детектора. Для повышения стабильности работы системы, используемые принципы обнаружения должны быть такими, чтобы помехи, вызывающие ложные срабатывания, по-разному воздействовали на каждый составляющий комбинацию детектор. В таблице 2 приведены воздействия внешних факторов на работу датчиков различных типов.

Таблица 2 - Чувствительность датчиков к мешающим факторам

Причина некорректной работы	Инфракрасный	Микроволновый	Ультразвуковой	Визуальный
Турбулентность воздуха	+	-	-	-
Изменения температуры	+	-	+	-
Яркий свет	+	-	-	+
Электромагнитные	+	+	-	+

помехи				
Включенное люминесцентное освещение	-	+	-	-
Вибрации	+	+	+	-
Перемещения за пределами зоны контроля	-	+	-	-
Животные	+	+	+	-

Из таблицы видно, что большинство изменений окружающей среды по разному влияют на каждый детектор и в большинстве случаев не могут привести к одновременному срабатыванию обоих сенсоров.

Наибольшее распространение в настоящее время получила комбинация микроволнового активного и ИК-пассивного принципов обнаружения. Гораздо реже используется комбинация ультразвукового и ИК детекторов. Существуют также отдельные образцы датчиков, в которых используются три различных физических принципа обнаружения, однако такие датчики пока не завоевали популярности [9].

## 2. Объект и методы исследования

---

Объектом исследования в данной работе являются средства обнаружения человека в зоне освещения, в частности, получаемые с детекторов сигналы. Производятся экспериментальные исследования реакции датчиков на движение и последующий анализ сигналов, с целью разработки эффективного алгоритма обнаружения движения. Целью выполнения данной работы является разработка системы детектирования которая удовлетворяет следующим требованиям:

- *Высокая вероятность обнаружения движения человека.*
- *Способность системы дифференцировать род движения.*
- *Гибкость и встраиваемость системы.*

Исследуемые средства обнаружения являются наиболее типичными для использования с целью обнаружения движения человека в зоне освещения. Такими средствами являются датчики основанные на ультразвуковом, инфракрасном и радиоволновом принципе действия. Именно анализ сигналов, полученных в результате экспериментальных исследований реакции датчиков на движение в реальных условиях, помогает определить степень пригодности средств обнаружения и возможности их комбинированного использования. Использование комбинации позволяет получить больше информативных параметров о движущемся объекте в зоне контроля, чем при использовании отдельно взятых средств обнаружения.

Разработка программного обеспечения производится на языке Python v.2.7. посредством редактора Sublime Text 3. Разработка приложения для мобильного устройства осуществляется на языке Java в интегрированной среде разработки IntelliJ IDEA 2016.1. Обработка информации и анализ собранных данных производится также на языке Python v.2.7. с использованием библиотеки Matplotlib для построения графиков. Использование Python обусловлено простым синтаксисом языка, а также наличием множества свободных библиотек для разработки на платформе BeagleBone Black.

### 3. Экспериментальные исследования

#### 3.1. Обзор используемых компонентов

##### BeagleBone Black

BeagleBone Black это недорогая, поддерживаемая сообществом платформа для разработчиков. Основные характеристики микрокомпьютера приведены в таблице 3 [10].

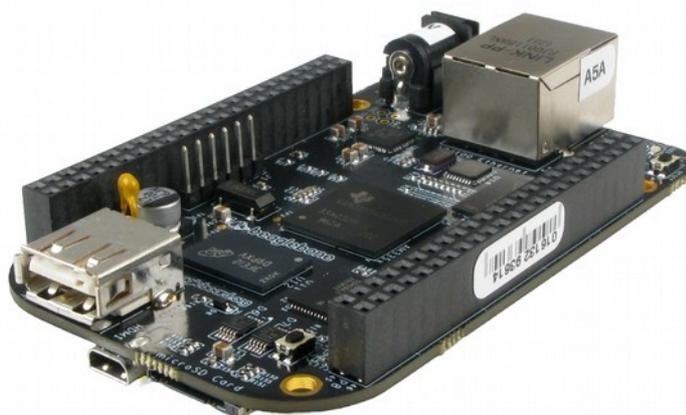


Рисунок 2 - Внешний вид Beaglebone Black

Таблица 3 - Основные характеристики BeagleBone Black

Процессор	Cortex-A8 + 2xPRU(200Mhz)
Память	8-bit eMMC, microSD card
Сетевые интерфейсы	Fast Ethernet (MII based)
USB порты	1 x стандартный A host port. 1x мини B port (direct)
Оперативная память (SDRAM)	512 MiB DDR3
Размеры	86.40 мм × 53.3 мм
Питание	Mini USB или 2.1 мм x 5.5 мм 5 В коннектор
Низкоуровневая периферия	4xUART, 8x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2xCAN bus, 4 Счетчика
Вес	39.68 грамм

## SRF08 ultrasonic ranger

Ultrasonic range finder (рисунок 3) - ультразвуковой датчик движения, который позволяет проводить измерения расстояния в диапазоне от 3 см. до 6 м. SRF08 взаимодействует с внешними устройствами посредством I2C bus интерфейса. Также представленный детектор обладает встроенным датчиком освещенности [11]. Основные характеристики датчика приведены в таблице 4. Схема подключения этого датчика к микрокомпьютеру отображена на рисунке



Рисунок 3 - Внешний вид SRF08 ranger

SRF08 по принципу действия является дальномером, но при использовании соответствующего алгоритма обработки данных, данный детектор может быть использован, в качестве датчика движения.

Таблица 4 - Основные характеристики SRF08 ranger [11]

Параметр	Значение	Единицы измерения
Питание	5	В
Потребление тока	5 - в обычном режиме, 3 - в режиме ожидания	мА
Используемая частота	40	кГц
Максимальная дальность обнаружения	6	м
Минимальная дальность обнаружения	3	см
Коммутация	Стандартный I2C Bus	
Вес	11.33	г
Размеры	43L x 20W x 17H	мм

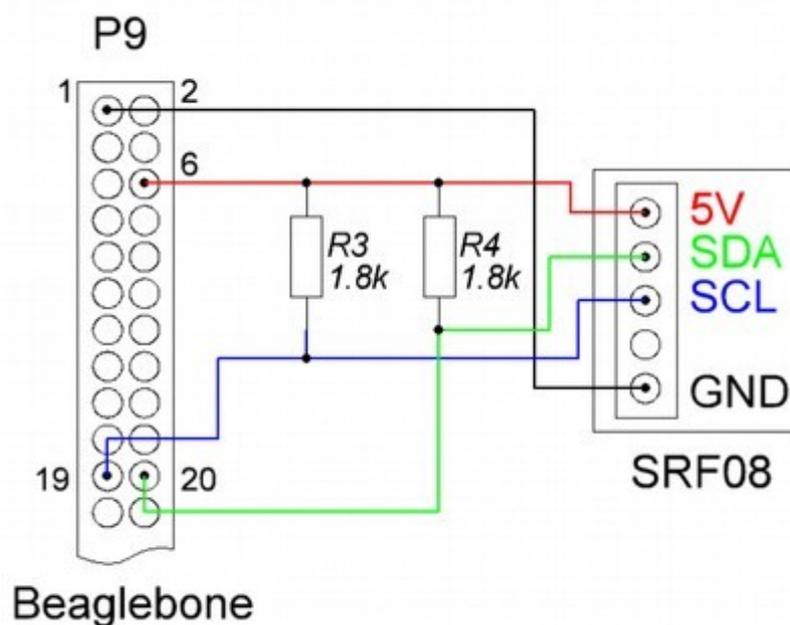


Рисунок 4 - Схема подключения SRF08 ranger к микрокомпьютеру

### **X-Band motion detector**

Данный Допплер радар работает на частоте 10,525 ГГц. В случае обнаружения движения детектор подаёт высокий/низкий уровни напряжения на сигнальный вывод. Чувствительность датчика настраивается посредством встроенного потенциометра на задней панели устройства. Указанная разработчиками дальность обнаружения - до 9 м [12]. Внешний вид датчика приведен на рисунке 5.

Движение в области контроля вызывают колебания на сигнальном выходе детектора. Фронтальная часть устройства - это РСВ антенна, которая отправляет и принимает волны в области частот 10,525 ГГц. Сенсор устанавливается таким образом, чтобы поверхность антенны располагалась относительно предполагаемой области контроля. При подаче высокого уровня напряжения на «EN» (enable) вывод, радар переходит в режим периодических измерений. Частота импульсов на сигнальном выводе коррелирует со скоростью движения объекта в зоне обнаружения [12].



Рисунок 5 - Передняя и задняя панели X-Band motion detector

Основные характеристики детектора отображены в таблице 5. Выходной уровень напряжения с датчика составляет 3,3 В., что является совместимым с портами общего назначения BeagleBone.

Таблица 5 - Основные характеристики X-Band motion detector [12]

Обозначение	Параметр	Минимум	Типовой	Максимальный	Единицы измерения
	Дальность	0.5		10	м
f	Operating frequency	10.520	10.525	10.530	ГГц
EIRP	Мощность излучения	10	13	14	дБм
	Подавление помех			-30	дБм
	Паразитное излучение на 3 м.		3	6	мкВ/м
RSS	Мощность приемника сигнала		140		мкВpp
HPBW <sub>H</sub>	Ширина пучка (горизонтально)		80		°
HPBW <sub>V</sub>	Ширина пучка (вертикально)		40		°
VS	Напряжение питания	4.75	5.00	5.25	В
IS	Потребляемый ток, EN активен		10		мА
ID	Потребляемый ток, EN выключен		7		мА
fP	Частота импульсов		2		кГц
tP	Длительность импульсов		10		мкс

T	Температура эксплуатации	0		55	°C
	Вес		15.1		г

### **Pir sensor**

PIR (Passive Infra-Red) Sensor (рисунок 6) - это устройство работающее на основе пирозлектрического эффекта. Изменение интенсивности уровня инфракрасного излучения на пирозэлементе, которое вызывается движением теплых объектов в области обнаружения, и, следовательно, изменение напряжения на пирозэлементе измеряется дифференциальным усилителем. Сенсор оснащен линзами Френеля которые фокусируют излучаемое инфракрасное излучение. Основные характеристики устройства - таблица 6.

Данный датчик имеет два режима работы, которые могут изменяться в зависимости от положения переключателя на передней панели:

- Н - режим. Напряжение на сигнальном выводе остается на высоком уровне, если сенсор обнаружил движение многократно;
- L - режим. Напряжение на сигнальном выводе представляет серию импульсов в случае продолжительного движение в зоне обнаружения



Рисунок 6 - Вид на фронтальную панель датчика PIR sensor

При подключении датчика к другим устройствам, движение может быть зарегистрировано циклическим опросом сигнального вывода. Сигнальный вывод датчика подключается к одному из портов общего назначения микрокомпьютера.

Таблица 6 - Основные характеристики PIR sensor [13]

Параметр	Значение	Единицы измерения
Напряжение питания	3.0-5.5	V
Потребляемый ток	100	мкА
Дальность обнаружения	9	м
Уровень сигнала при обнаружении движения	3,3	V
Угол обнаружения	120	°
Размеры	36L x 26W x 21H	мм

### 3.2. Экспериментальная установка

Управляющим элементом системы обнаружения (рисунок 7) является микрокомпьютер BeagleBone Black, который выполняет основную программу, разработанную на языке Python, в частности, опрос датчиков и взаимодействие с внешними устройствами посредством Wi-Fi модуля, обеспечивающего соответствующий интерфейс.

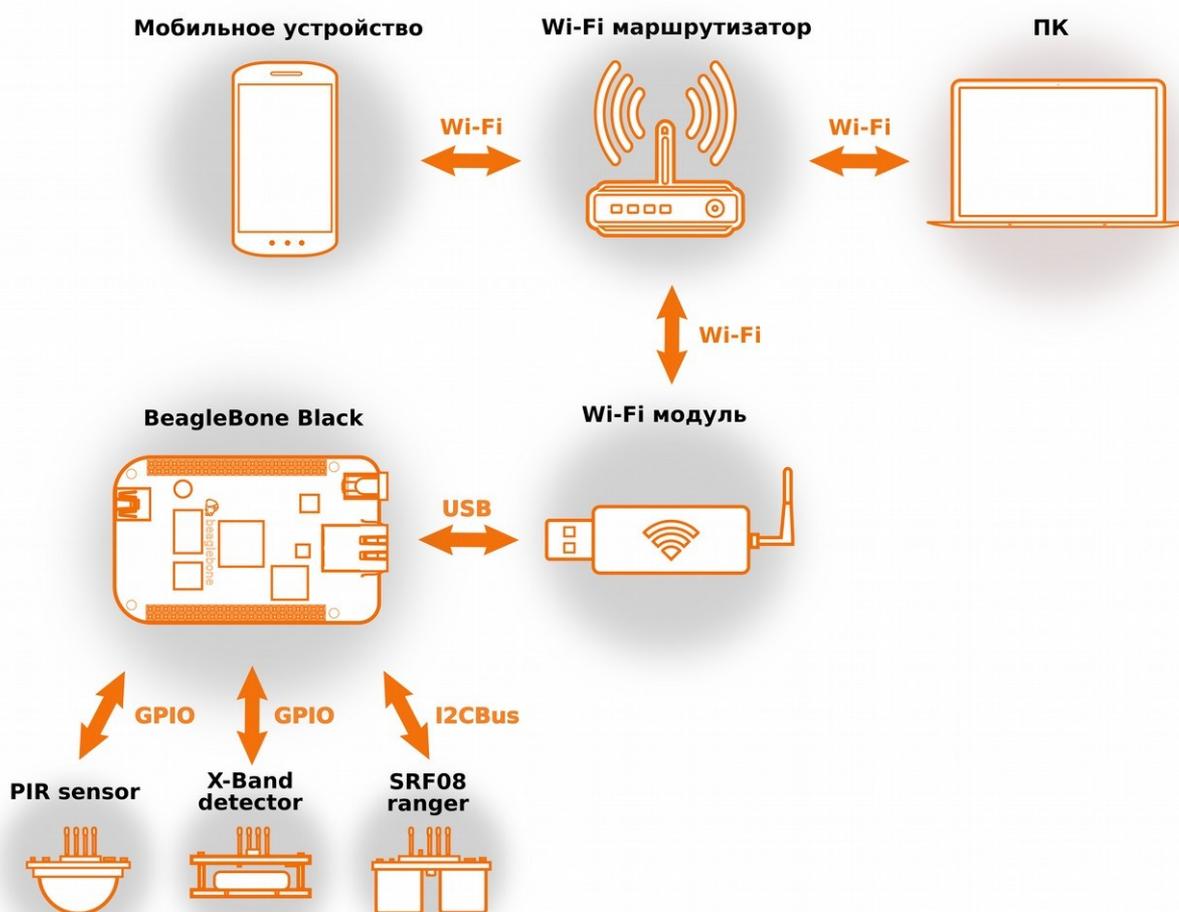


Рисунок 7 - Структурная схема экспериментальной установки  
Также микрокомпьютер отвечает за ряд функций, например:

- обеспечение напряжением питания датчиков;
- запуск программы и сбор данных с сенсоров
- предварительная обработка данных;

- взаимодействие с внешними устройствами и передача данных.

Коммутация сенсоров к микрокомпьютеру происходит следующим образом: SRF08 ranger - ультразвуковой датчик движения подключается через цифровой I2C Bus интерфейс, сигнальные выводы радиоволнового X-Band и инфракрасного PIR сенсоров подключаются напрямую к портам общего назначения BeagleBone Black. Сравнительные характеристики датчиков обнаружения представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Сравнительные характеристика датчиков

Тип сенсора	PIR sensor	SRF08	X-band motion detector
Напряжение питания	DC 3 - 5 В	5 В	5 В
Потребляемый ток	100 мкА	15 мА	8 мА
Диапазон обнаружения	0-8 м	3 см -10 м	до 10 м
Температура эксплуатации	-	-	от 0 до 55 °С
Дополнительная информация	Время адаптации к освещению перед началом работы 10 - 60 с	Интерфейс взаимодействия I2C Bus	Частота работы 10.525 GHz

Wi-Fi маршрутизатор обеспечивает общую подсеть для взаимодействия между устройствами. Маршрутизатор используется для равномерного покрытия сетью зоны контроля, с целью уменьшения задержки, что ведёт к улучшению временной синхронизации.

Мобильное устройство используется для удалённого контроля системы. Приложение на мобильном телефоне, разработанное на языке Java, инициирует старт программы на микрокомпьютере. Когда сенсоры включены и готовы к работе, соответствующий сигнал отправляется с BeagleBone на телефон, что индицирует о начале эксперимента и старте таймера, который используется для

временной координации лица проводящего эксперимент. Это приложение обеспечивает временную синхронизацию (из-за задержек между стартом программы и началом работы сенсоров), а также приложение упрощает процедуру проведения экспериментов, так как одно лицо обладает возможностями удалённого контроля системы и непосредственного проведения эксперимента (вызов реакции датчиков на движение).

По окончании эксперимента, программа на BeagleBone инициирует передачу данных посредством TCP сокета на компьютер, где происходит автоматическое построение графиков для дальнейшего анализа.

### 3.3. Программное обеспечение экспериментальной установки

Основная программа, которая выполняет опрос датчиков, сбор данных, передачу данных и взаимодействие с внешними устройствами разработана на языке Python. Выбор данного языка обусловлен простым синтаксисом языка, который не требует значительных временных затрат на его изучение, а также наличием множества свободных библиотек для разработки на платформе BeagleBone Black [14]. Упрощённая структура алгоритма программы представлена на рисунке 8. Исходный код приведён в приложении Б.

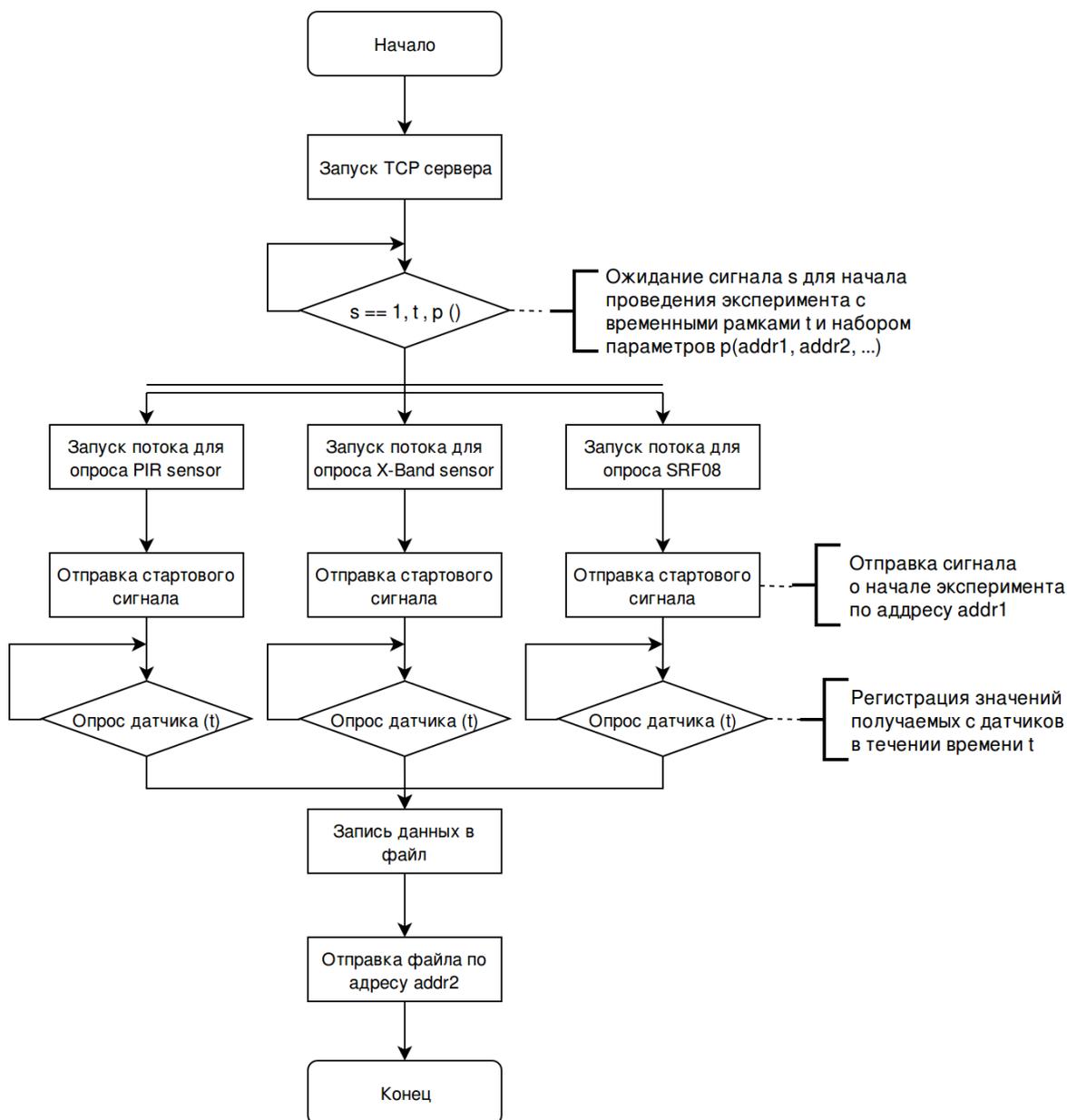


Рисунок 8 - Упрощенный алгоритм программы

В начале работы программы происходит запуск TCP сервера [15] для приёма необходимых параметров и сигнала для выполнения дальнейшего алгоритма.

После получения сигнала о старте эксперимента выполняется запуск подпроцессов для опроса датчиков и регистрации полученных данных. Реализация данной части алгоритма в виде потоков обусловлена разной частотой опроса датчиков и следственно разным количеством итераций цикла для каждого подпроцесса. Опрос сенсора SRF08 происходит приблизительно 14 раз/с., для датчика X-Band motion detector это значение составляет 3300 раз/с., для PIR sensor - 100 раз/с. Частота опроса выбиралась эмпирическим путём с целью сохранения максимальной информативности сигналов.

Для удалённого контроля системы, на языке Java был разработан клиент для мобильных устройств с системой Android [16]. Клиент представляет из себя TCP сокет для отправки необходимых параметров в основную программу, ожидания сигнала о начале эксперимента. В результате приёма стартового сигнала запускается секундомер для временной координации лица, проводящего эксперимент. Графический интерфейс клиента для комфортного взаимодействия пользователя с устройством отображён на рисунке 9.

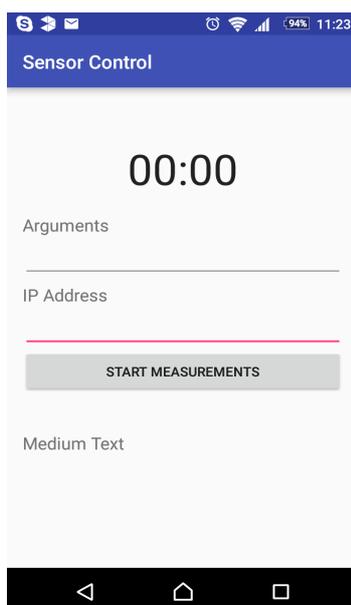


Рисунок 9 - Графический интерфейс клиента

### 3.4. Методика проведения эксперимента

Эксперименты проводились в условиях, приближенным к реальным условиям эксплуатации системы обнаружения, на открытом пространстве длиной 16 м. и шириной 12 м. Вектора движения проходили поперек и вдоль обозначенной площади с шагом 1 м. рисунок 10.

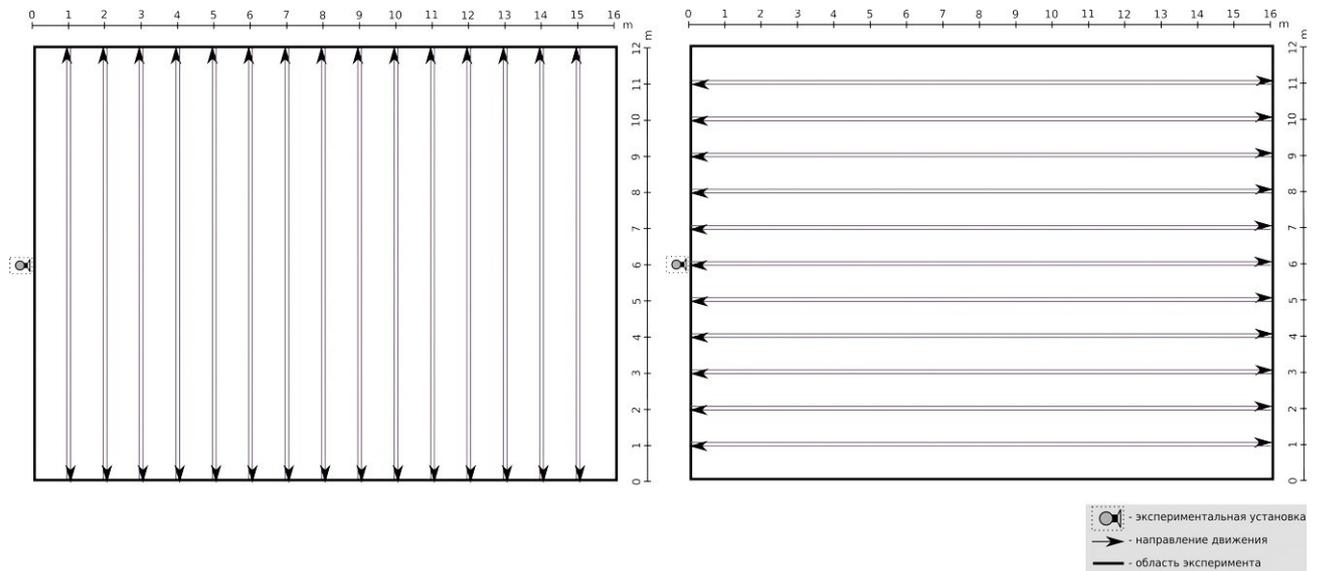


Рисунок 10 - Вектора движения в ходе эксперимента

Эмпирические исследования осуществлялись в сумеречное и ночное время, для обеспечения наибольшей правдоподобности, так как уровень текущего освещения влияет на реакцию и дальность обнаружения инфракрасного датчика. Диапазон изменения температуры в процессе экспериментов 18 - 25 °С., приблизительная скорость ветра - 7 м/с.

Время проведения одного эксперимента при прохождении поперек - 30 с.:

- 0-5 с. - движение отсутствует;
- 5-15 - движение в одну сторону;
- 15-20 с. движение отсутствует;
- 20-30 с. - движение в обратную сторону.

Диаграмма отображающая зависимость между движением и временем проведения эксперимента приведена на рисунке 11.



Рисунок 11 - Временная диаграмма процесса проведения эксперимента, движение поперек зоны контроля

Время проведения одного эксперимента при прохождении вдоль - 30 с.:

- 0-5 с. - движение отсутствует;
- 5-18 - движение в одну сторону;
- 18-30 с. движение отсутствует.

Диаграмма отражающая зависимость между движением и временем проведения эксперимента, при направлении векторов движения вдоль области контроля, приведена на рисунке 12.



Рисунок 12 - Временная диаграмма процесса проведения эксперимента, движение вдоль зоны контроля

### 3.5. Анализ полученных данных

После проведения первой серии экспериментов было установлено, что ультразвуковой датчик SRF08 не пригоден для использования в данного рода системах, в связи с критически малой дальностью (не более 1.5 м.) и узкой направленностью обнаружения. Вследствие чего этот датчик не рассматривается далее.

На рисунке 13 приведены осциллограммы сигналов полученных в результате эксперимента при движении поперек зоны контроля на расстоянии одного метра от установки:

- (a) — реальное движение;
- (b) — сигнал, получаемый с инфракрасного датчика (PIR sensor);
- (c) — сигнал получаемый с радиоволнового датчика (X-Band motion detector);
- (d) — частотное преобразование сигнала с радиоволнового датчика;
- (e) — плотностное преобразование сигнала с радиоволнового датчика;

График 13 (a) является эталонным и соответствует реальному движению человека в процессе эксперимента.

Сигнал, получаемый с инфракрасного датчика при обнаружении продолжительного движения, представляет серию импульсов. Из рисунка 13 (b) видно, что PIR sensor обнаружил движение во временном интервале 9-16 с., при движении в одну сторону и в интервале 23,5-29,5 с., при движении в обратную сторону. Несоответствие между реальным движением и сигналом, полученным с сенсора обусловлено ограниченным углом обнаружения и задержкой срабатывания датчика (в результате экспериментальных исследований было установлено, что время срабатывания в среднем равно 0,5 с.).

Осциллограмма сигнала с радиоволнового датчика (рисунок 13 (c)) описывает зависимость между изменением частоты сигнала от скорости движения и размеров объекта.

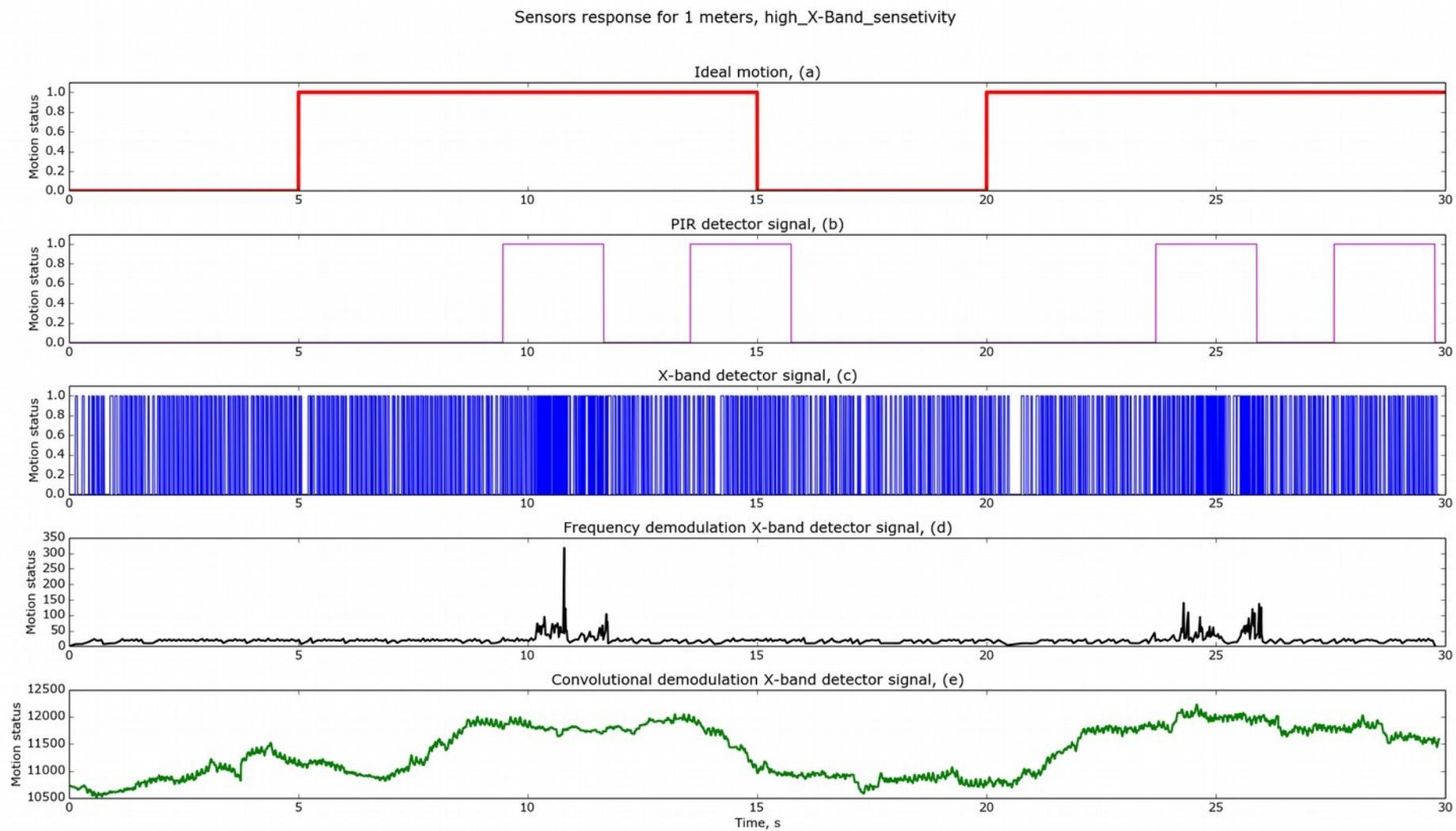


Рисунок 13 - Осциллограммы сигналов при движении на расстоянии одного метра от установки

Данный график обладает низкой информативностью, так как не позволяет оценить изменения частоты сигнала относительно совершающегося движения. Для анализа и последующей обработки сигнала, получаемого с радиоволнового датчика были произведены преобразования сигнала в пригодный для этого вид.

*Частотное преобразование* (рисунок 13 (d)) отражает изменение скорости движущегося объекта, относительно детектора. Амплитуда, на вышеприведенном графике, соответствует частоте обрабатываемого сигнала. Для построения данной зависимости определяется период каждого импульса  $t_{умп}$ , после чего, выполняется нахождение обратной величины  $f_{умп}=1/t_{умп}$ . Полученное значение заносится на график. При установке индикационного уровня на оси ординат например, 20-30% от экстремума, можно судить о наличии движения в зоне обнаружения. Согласно полученной зависимости, движение осуществлялось во временных интервалах: 10-12 с. и 24-26 с. Эти показатели имеют значительную разницу с эталонными. Использование такого преобразования проблематично из-за *проблемы*, описанной ниже.

*Интегральное преобразование* (рисунок 13 (e)). Выполняется расчет площади импульсов за определенное окно (в данном случае окно составляет 0,5 с. или 600 выборок). Полученное значение заносится на график. Критерием, по которому можно судить о наличии движения, является, аналогичный частотному преобразованию, индикационный уровень. Для сигнала, полученного путем интегрального преобразования, движение выделяется в областях: 9-14 с. и 22-30 с., что, учитывая угол обнаружения, относительно близко к эталонным значениям. Таким образом, данное преобразование позволяет получить сигнал приемлемый для дальнейшего использования.

*Проблема.* В результате анализа полученных данных и проведения преобразований выяснилось, что частота опроса порта общего назначения, к которому подключен сигнальный вывод радиоволнового датчика (приблизительно 2,5 кГц), не позволяет получить полной информативности

сигнала. Также, периодически происходит изменение частоты опроса порта, что зависит от ряда факторов, одними из которых является текущая загрузка операционной системы и процессора.

Как следствие, возникает эффект алиасинга, который выражается в слиянии, путем наложения, рядом идущих импульсов, что делает последующую обработку данных затруднительной.

Возможным решением является проверка значения регистра, связанного с портом общего назначения, минуя системный вызов. Система, использующаяся на BeagleBone — Linux (Debian) обеспечивает возможности для проверки текущего состояния порта посредством чтения значения регистра из `/dev/mem`. Имплементация такого способа чтения, в виде библиотеки для языка Python, будет реализована в дальнейшей работе над проектом [17].

Таким образом, использование интегрального преобразования, в сравнении с частотным, помогает в большей степени игнорировать алиасинг и получать приемлемые для дальнейшего использования данные.

Подобным образом, был осуществлен анализ пяти серий экспериментов (одна серия включает 15 и 24 эксперимента при движении поперек и вдоль зоны обнаружения соответственно).

Следственно, зная скорость движения объекта (  $\approx 1,2 \text{ м/с}$  ) и время обнаружения движения, относительно начала движения, можно определить координаты объекта. В результате, была проведена аппроксимация данных и построены зоны обнаружения для датчиков разных типов (рисунок 14).

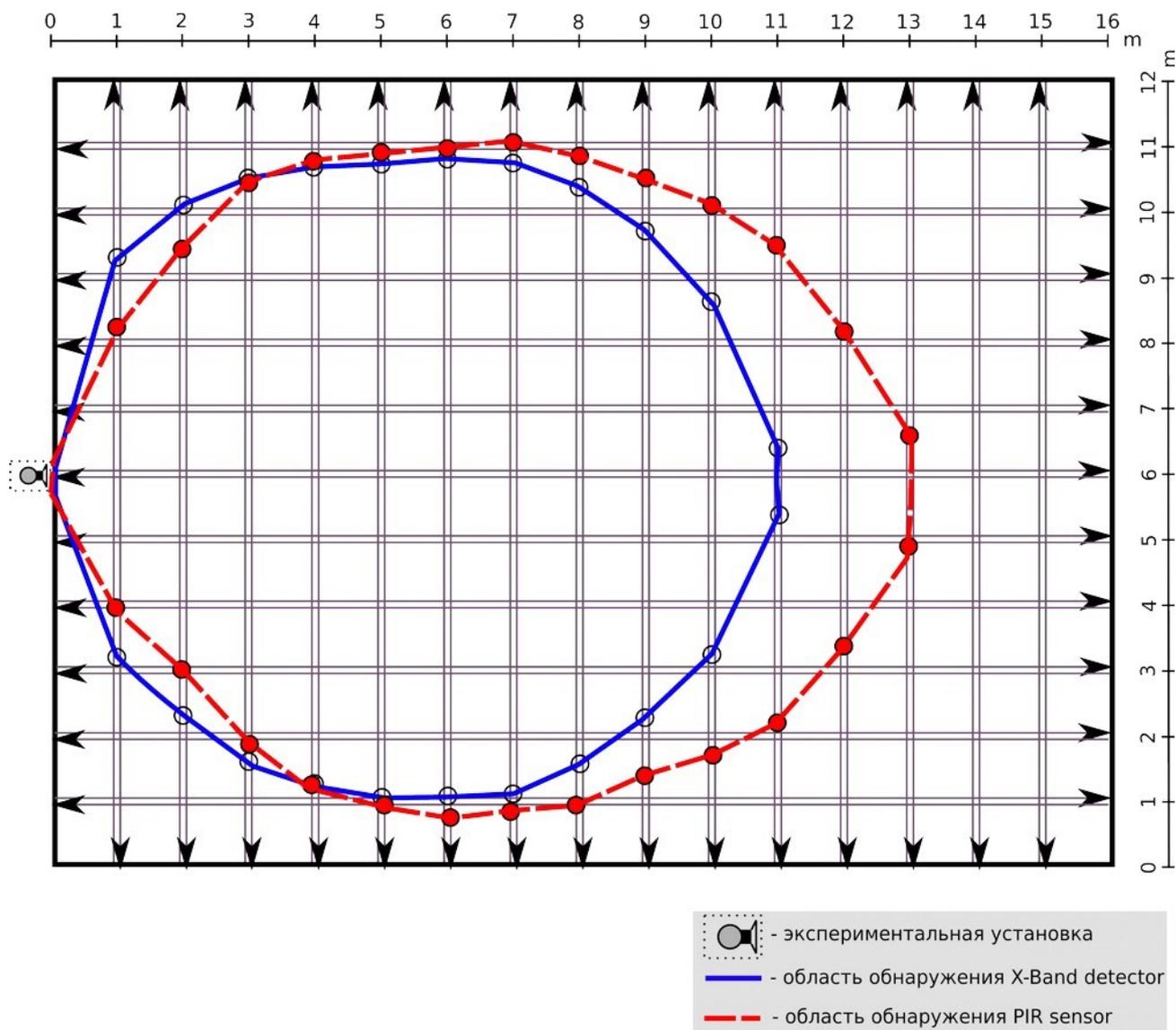


Рисунок 14 - Зоны обнаружения инфракрасного и радиоволнового датчиков

По графику зон обнаружения (рисунок 14) видно, что области обнаружения датчиков схожи, хотя зона действия радиоволнового датчика несколько меньше. Таким образом, с точки зрения совместимости областей действия, использование данных датчиков в комбинации является приемлемым.

### 3.6. Результаты эксперимента

Инфракрасный датчик более устойчив к помехам, обладает большей дальностью и углом обнаружения, чем радиоволновый. Но, при использовании инфракрасного детектора в качестве единственного средства обнаружения возникает проблема отличия движения человека, от другого теплого объекта, например, машины.

*В ходе проведения экспериментов было установлено, что инфракрасный датчик реагирует на проезд машины на значительном расстоянии (20-30 м.) от зоны контроля, однако, радиоволновый датчик в этот момент не регистрирует какое - либо движение.*

Сигнал с радиоволнового датчика, при соответствующем анализе позволяет выявить уникальные шаблоны изменения частоты сигнала, присущие движению человека. В свою очередь, радиоволновый датчик обладает высокой чувствительностью к любому движению в зоне контроля, что может вызвать его некорректное срабатывание.

Таким образом, при использовании выбранных типов датчиков для обнаружения движения, информативными параметрами являются:

- логический сигнал с инфракрасного датчика о наличии теплого объекта в зоне контроля;
- сигнал с радиоволнового датчика, представляющий зависимость частоты импульсов от размеров и скорости движущегося объекта.

Вследствие недостатков датчиков, касательно задачи обнаружения человека, данные получаемые с датчиков не позволяют однозначно определить движение человека в зоне освещения. Одним из возможных решений является использование алгоритма обнаружения, основанного на обработке сигналов как инфракрасного, так и радиоволнового сенсоров, что подразумевает использование комбинации детекторов.

Использование интегрального преобразования, для сигнала с

радиоволнового датчика позволят провести детальный анализ сигнала, но в то же время, применение таких преобразования требует некоторого времени (для накопления выборок и выполнения математических вычислений), вследствие чего, возможным является использование оптимального размера окна (0,3-0,5 с.), что не является критичным при использовании в интеллектуальных системах освещения.

В процессе эмпирических исследований была собрана экспериментальная установка для исследования зависимости между движением и сигналами с датчиков. Проведенный анализ и преобразование сигналов, позволяет лучше понять «поведение», информативные параметры сигналов датчиков, зоны их действия, что может быть использовано для разработки алгоритма обнаружения движения с высокой вероятностью в зоне контроля. Разработанная инфраструктура и программное обеспечение являются базой для построения прототипа системы обнаружения для интеллектуальной системы освещения.

## 4. Разработка системы обнаружения

### 4.1. Структурная схема модуля детектирования

Так как система обнаружения это встраиваемый элемент в интеллектуальную систему освещения, важно обеспечить ее гибкость и совместимость с внешними устройствами. Использование микрокомпьютера позволяет предоставить ряд интерфейсов для взаимодействия с системой (рисунок 15).

Также, BeagleBone Black может играть роль устройства управления освещением, то есть принимать решение о включении или выключении фонаря в зависимости от сигнала, полученного в процессе выполнения алгоритма обработки сигналов с датчиков.

Используемые детекторы являются наиболее типичными представителями своих классов, так как их характеристики близки к характеристикам сенсоров соответствующих типов.

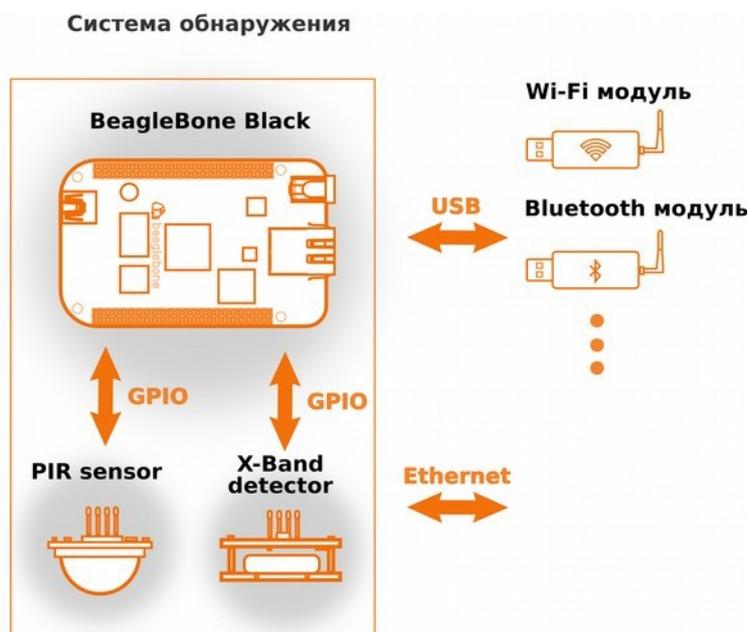


Рисунок 15 - Способы взаимодействия с системой детектирования

Таким образом, в состав системы детектирования входит наиболее оптимальная комбинация инфракрасного и радиоволнового датчиков движения.

Устройством управления и обработки сигналов является микрокомпьютер BeagleBone Black.

Для коммутации с другими узлами интеллектуальной системы освещения возможно использование Ethernet соединения или подключение дополнительных модулей через USB порт, обеспечивающих необходимые интерфейсы для взаимодействия.

Наличие незадействованных интерфейсов позволяет, в случае необходимости, заменить используемые средства обнаружения или дополнить существующую систему в соответствии с поставленной задачей.

Микрокомпьютер обеспечивается питанием посредством адаптера напряжения на 5 В, обеспечивающим ток 2 А или через USB соединение. Beaglebone, в свою очередь, играет роль источника питания для датчиков. Выходные напряжения датчиков совместимы с портами общего назначения микрокомпьютера (высокий уровень соответствует 3,3 В) [10].

Таким образом, создание архитектуры системы, на основе BeagleBone является тривиальной задачей, так как это не требует проектирования адаптационных узлов между компонентами, а при использовании датчиков, совместимых с микрокомпьютером, проблема обеспечения их питанием не является проблематичной.

## 4.2. Программное обеспечение системы обнаружения

По результатам экспериментальных исследований было установлено, что исходными параметрами для алгоритма обработки являются:

- логический сигнал с инфракрасного датчика о наличии теплого объекта в зоне контроля;
- сигнал с радиоволнового датчика, представляющий зависимость частоты импульсов от размеров и скорости движущегося объекта.

При использовании соответствующего преобразования, сигнал с радиоволнового датчика позволяет выявить шаблоны, присущие движению конкретного объекта. В случае использования интегрального преобразования такой шаблон представляет зависимость плотности импульсов за определенное окно от времени. Сравнение predetermined шаблонов с получаемым сигналом позволяет дифференцировать движение человека, от шума и сторонних объектов (мелких животных, машины). Сигнал с инфракрасного датчика позволяет исключить вероятность ложного обнаружения движения «холодных» объектов, например, листвы деревьев при порывах ветра.

Разрабатываемый алгоритм основывается на анализе, обработке и сравнении сигналов, получаемых как с инфракрасного, так и с радиоволнового датчиков.

Для получения эталонных шаблонов необходима предварительная калибровка или, так называемое, обучение системы. Таким образом, алгоритм можно разделить на две части:

- *Интерактивная часть.* Обучение алгоритма шаблонам движения, соответствующим конкретным объектам. Данная часть реализуется при производстве системы для конкретных условий эксплуатации.
- *Эксплуатационная часть.* Сравнение шаблонов с получаемым сигналом, и последующее, контрольное сравнение с сигналом получаемым с инфракрасного датчика

Оценка данных, полученных в процессе калибровки, производится на основе следующих статистических параметров [18]:

- Среднее значение сигнала за определенный промежуток :

$$\bar{x} = \sum_{i=0}^n x_i \cdot \frac{1}{n} , \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  — среднее значение;

$x_i$  — значение выборки;

$n$  — размер выборки.

- Среднеквадратическое отклонение, позволяющее определить разброс анализируемых значений, относительно математического ожидания:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} , \quad (2)$$

где  $\sigma$  — среднеквадратическое отклонение

$\bar{x}$  — среднее значение;

$x_i$  — значение выборки;

$n$  — размер выборки.

Таким образом, анализируя уровень среднего значения за определенное окно (рисунок 16 (b)), можно выделить эти значения, типичные для разного рода объектов. Движение человека предполагает плавное возрастание среднего значения при вхождении в область обнаружения и плавный спад, при выходе из нее. Среднеквадратическое отклонение отражает разброс величины за определенное окно, по которому можно судить о возникновении случайных помех в процессе эксплуатации системы обнаружения.

Алгоритм обнаружения движения предполагает сравнение полученных в результате преобразований значений сигнала с типичным для человека значением.

Использование нескольких систем обнаружения позволяет отслеживать динамику изменения значений, для определения характера движения, что увеличивает эффективность системы в целом.

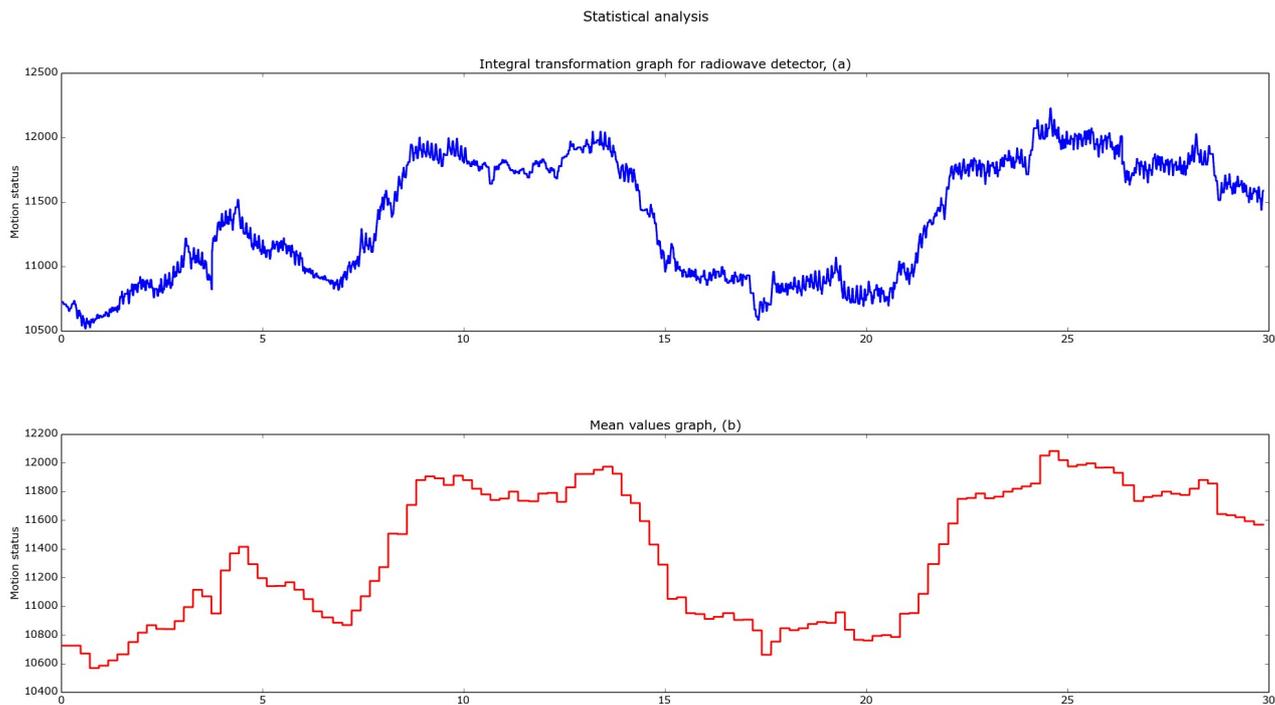


Рисунок 16 - График среднего значения сигнала за окно равное 500 выборкам

Блок схема разработанного алгоритма обнаружения движения представлена на рисунке 17.

После инициализации датчиков производится циклический опрос радиоволнового и инфракрасного датчиков, при этом значения полученные с радиоволнового датчика заносятся в массив размером  $N$ , который равен размеру окна. После заполнении массива рассчитывается среднее значение всего массива, если значение превышает определенный уровень, то происходит сравнение с сигналом, поступающим с инфракрасного датчика. Только в случае, если оба датчика обнаружили движение, происходит отправка сигнала об обнаружении движения.

Такой подход позволяет игнорировать ложные срабатывания инфракрасного датчика, например игнорировать движение машины рядом с областью контроля.

Ложные срабатывания радиоволнового датчика (вследствие движения мелких животных или порывах ветра, вызывающих колебание травы, деревьев)

исключаются сигналом, получаемым с инфракрасного датчика.

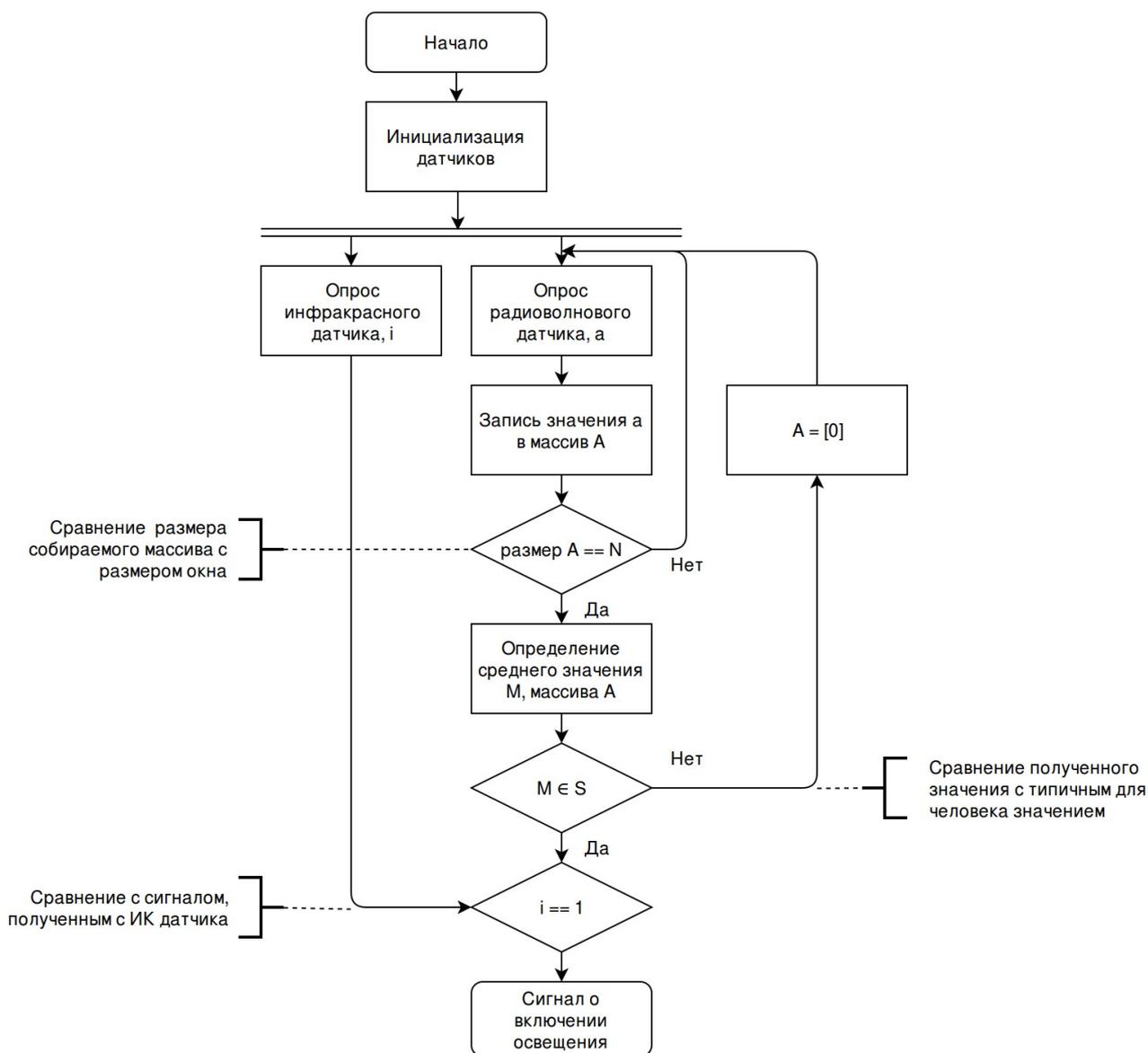


Рисунок 17 - Упрощенный алгоритм обнаружения движения

Очевидно, что получаемые с детекторов сигналы, даже при их преобразовании и статистическом анализе не позволяют однозначно дифференцировать движение человека на фоне движения других объектов. Но, представленный алгоритм уменьшает вероятность ложного срабатывания системы.

Исходный код программы приведен в приложении Б.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

---

### **5.1. Введение**

Целью работы, представленной в диссертации, исследование методов обнаружения человека в зоне освещения интеллектуальных систем освещения, а также создание экспериментальной установки для эмпирического изучения реакции различных типов датчиков на движение в зоне контроля, которая включает в себя как элементы аппаратного, так и элементы программного обеспечения.

Система обнаружения человека является ключевым элементом интеллектуальных систем освещения, так как она существенно влияет на характеристики ресурсоэффективности, экономической эффективности, что в свою очередь определяет конкурентоспособность разработки.

## **5.2. Потенциальные потребители результатов исследования**

Результатом данного исследования является прототип модуля обнаружения для интеллектуальной системы уличного освещения, который влияет на характеристики системы освещения в целом. Эффективность интеллектуальной системы освещения напрямую зависит от модуля обнаружения, что в итоге позволяет значительно снизить затраты на электроэнергию, эксплуатацию за счет точности и надежности работы модуля обнаружения.

Основные потребители, которые могут быть заинтересованы в таких системах освещения - это предприятия, занимающиеся разработкой и производством интеллектуальных систем освещения, в которые система обнаружения человека может быть интегрирована.

### **Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

В настоящее время существует множество вариантов реализации систем обнаружения человека в зоне контроля, различие которых заключается в методах и средствах обнаружения. Выделим и рассмотрим три ключевых типа систем обнаружения: система обнаружения основанная на визуальном методе контроля (системы распознавания образов) (Б1, К1), система обнаружения основанная на использовании инфракрасного или радиоволнового методе контроля (Б2, К2). В разрабатываемом решении используется система обнаружения с использованием комбинации методов контроля (Бф, Кф).

Для определения потенциального полезного эффекта от ресурсосбережения при использовании системы обнаружения проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, который позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

С помощью экспертного метода определим значения показателей, применяемых в формуле, и заполним таблицу 8.

Таблица 8 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Точность	0,13	5	4	3	0,65	0,52	0,39
2. Энергоэкономичность	0,13	4	2	5	0,52	0,26	0,65
3. Надежность	0,12	5	4	3	0,6	0,48	0,36
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,11	4	5	2	0,44	0,55	0,22
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Цена	0,15	3	2	5	0,44	0,3	0,75
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,13	4	4	2	0,52	0,52	0,26
4. Стоимость эксплуатации	0,13	5	5	5	0,65	0,65	0,65
Итого	1	35	31	28	4,32	3,78	3,57

Из анализа следует, что ресурсоэффективность предлагаемой системы значительно выше, чем ресурсоэффективность систем основанных на использовании отдельных методов обнаружения, и на несколько пунктов выше, чем для систем основанных на видеодетектировании движения.

### SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны),

Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в несколько этапов [19].

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT- анализа представлены в таблице 9 [19].

Таблица 9 - Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:          С1. Точность обнаружения          С2. Эффективный алгоритм обработки сигнала          С3. Адаптивность системы к изменениям условий внешней среды          С4. Тенденции развития ресурсоэффективных технологий</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:          Сл1. Стоимость системы          Сл2. Несовершенство оборудования          Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих</p>
<p>Возможности:          В1. Увеличение эффективности системы обнаружения интеллектуальных систем освещения          В2. Ресурсосбережение          В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>	<p>Угрозы:          У1. Развитая конкуренция</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Результаты второго этапа приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	-
B2	+	+	+	-
B3	+	+	+	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1		
B1		+		
B2		+		
B3		-		
Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта	C1	C2	C3	C4
У1	-	-	-	+
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
У1		+	-	0

Далее была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая представлена в таблице 11.

Таблица 11 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1. Точность обнаружения C2. Эффективный алгоритм обработки сигнала C3. Адаптивность системы к изменениям условий внешней среды C4. Тенденции развития ресурсоэффективных технологий	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Стоимость системы Сл2. Несовершенство оборудования Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих
Возможности: B1. Увеличение эффективности системы обнаружения интеллектуальных систем освещения B2.	Представление разработки на различных конкурсах, выставках и конференциях, реклама. Позиционирование и продвижение продукта как системы с наилучшими характеристиками	Необходимость снижения стоимости комплектующих (возможно за счет оптовых закупок последних). Использование

Ресурсосбережение В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт		комбинации методов для снижения влияния отдельных элементов системы на функционирование системы в целом.
Угрозы: У1. Развитая конкуренция	Доработка системы. Снижение цен за счет увеличения объемов	Анализ ситуации с возможными решениями: - дальнейшая проработка - закрытие проекта

### Оценка готовности проекта к коммерциализации

Целью данного анализа является определение готовности проекта к коммерциализации на текущем этапе разработки.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (4)$$

где  $B_{\text{сум}}$  - суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  - балл по  $i$ -му показателю.

Таблица 12 - Таблица для определения оценки готовности проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности и научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2. Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3. Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4. Определена товарная форма	3	3

научно-технического задела для представления на рынок		
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7. Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8. Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9. Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10. Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	3
11. Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	5	5
12. Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13. Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
14. Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
Итого	45	42

По итогам анализа можно сказать, что уровень коммерциализации разработки средний. В первую очередь для улучшения ситуации необходимо привлечение разнопрофильных специалистов для работы в проекте. Затем возможно прорабатывать отдельные показатели с целью улучшения.

### 5.3. Инициация проекта

В данном разделе рассматривается устав проекта, который документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать [19].

#### Цели и результат проекта

Для выполнения проекта необходимо рассмотреть ключевых заинтересованных лиц. Занесем данную информацию в таблицу 13.

Таблица 13 - Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Кафедра ФМПК ИНК НИ ТПУ	Исследование методов обнаружения человека в зоне контроля. Выбор наиболее эффективной комбинации методов контроля
Лаборатория FILA Университета прикладных наук Анхальта (Германия)	Создание системы обнаружения человека и ее тестирование в качестве модуля обнаружения для интеллектуальной системы

В таблице 14 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 14 - Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка и тестирование системы детектирования для интеллектуальной системы освещения
Ожидаемые результаты проекта	Функционирующая система обнаружения человека
Требования к результату проекта	Высокая точность и надежность разработки
	Гибкость системы, то есть поддержка интеграции в интеллектуальные системы освещения

## Организационная структура проекта

На данном этапе работы решаются следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определена роль каждого участника в данном проекте, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эту информация представлена в таблице 15.

Таблица 15 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Юрченко А. В., д.т.н, профессор	Научный руководитель	Определение целей научного исследования, координация, консультации	112
3	Матвеев И. Г., каф. ФМПК, магистрант	Исполнитель по проекту	Разработка и тестирование системы обнаружения человека в зоне освещения	1562
ИТОГО:				1674

## 5.4. Планирование управления научно-техническим проектом

### Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта [19]. На рисунке 18 представлена иерархическая структура работ по проекту .

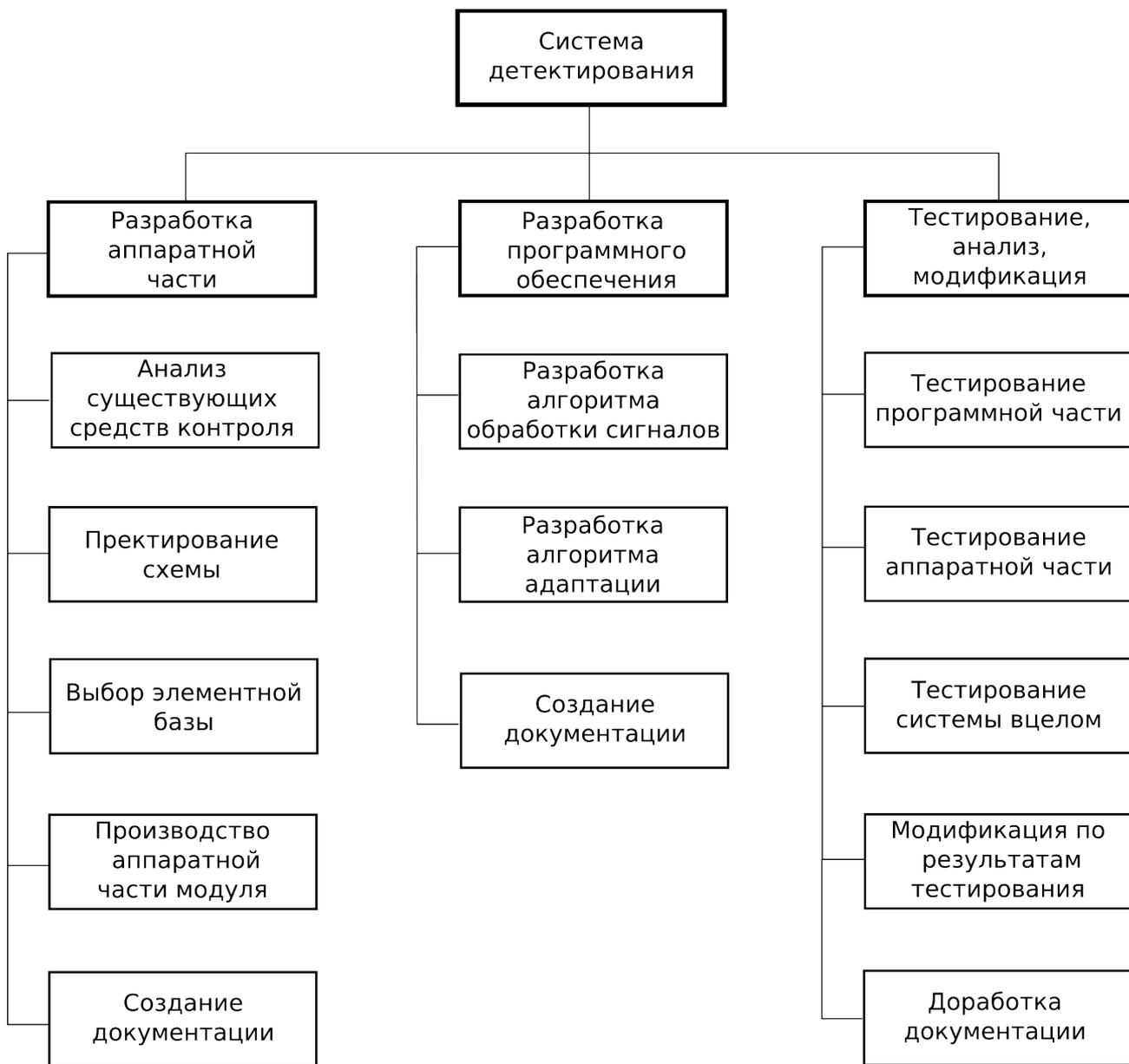


Рисунок 18 - Иерархическая схема проекта

Таким образом, существуют три ключевых процесса, завершение которых приведет к реализации проекта. Два первых процесса выполняются в

первую очередь – разрабатываются ключевые элементы интеллектуальной системы освещения и документация, затем происходит их модификация по результатам тестирования.

### **Контрольные события проекта**

В рамках данного раздела были определены ключевые события проекта, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эта информация сведена в таблице 16.

Таблица 16 - Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Обсуждение и утверждение плана работ	18.09.15	Техническое задание, календарный план
2	Формирование требований к проекту	01.11.15	Отчет по итогам патентного поиска, изучения научно-технической документации
3	Разработка аппаратной части системы детектирования	10.01.16	Статья в журнале «Ползуновский вестник», «Инноватика - 2015»
4	Разработка программной части системы детектирования	10.03.16	Отчет
5	Тестирование системы	20.04.16	Отчет
6	Подготовка документации по результатам разработки	01.06.16	Магистерская диссертация, научные статьи

## План проекта

Построим календарный план для проведения работ по проекту (таблица 17).

Таблица 17 - Календарный план проекта

	Название	Дни	Рабочие дни	Начало работ	Окончание работ	Участники
1	Обсуждение и утверждение плана работ	2	2	17.09.15	18.09.15	Юрченко А.В., Матвеев И.Г.
2	Формирование требований к проекту	44	26	19.09.15	01.11.15	Юрченко А.В., Матвеев И.Г.
3	Разработка аппаратной части системы детектирования	75	51	02.11.16	15.01.16	Матвеев И.Г.
4	Разработка программной части системы детектирования	54	38	16.01.16	10.03.16	Матвеев И.Г.
5	Тестирование системы	40	28	11.03.16	20.04.16	Матвеев И.Г.
6	Подготовка документации по результатам разработки	40	26	21.04.16	01.06.16	Матвеев И.Г.
	Итого:	255				

Из календарного плана видно, что руководитель (Юрченко А.В.) занят календарных 46 дней (28 рабочих дней), исполнитель ВКР (Матвеев И.Г.) занят календарных 255 дней (171 рабочий дней).

На основании полученных данных построим диаграмму Ганта для наглядного представления объема работ, выполняемого участниками проекта (таблица 18).



## Бюджет научного исследования

При планировании бюджета разработки технологии изготовления контрольных образцов из неметаллов необходимо провести полную оценку всех расходов, необходимых для ее выполнения. Расходы группируются по следующим статьям:

1. расходы на сырье, материалы, покупные изделия;
2. расходы на специальное оборудование;
3. основная заработная плата;
4. дополнительная заработная плата;
5. отчисления в социальные фонды;
6. работы, выполняемые сторонними организациями;
7. накладные расходы.

Проведем расчет затрат на сырье, материалы, покупные изделия. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам. Материалы, необходимые для выполнения ВКР и их стоимость приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Сырье, материалы необходимые для выполнения ВКР

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для оргтехники (А4)	1 шт.	170	170
Канцелярские товары	1 шт.	50	50
USB Flash накопитель	1шт.	300	300
Всего за материалы			520
Итого по статье $C_m$			520

Кроме приведенных выше материалов, для выполнения ВКР необходима электроэнергия, потребляемая компьютером. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = T_{эл} \cdot P \cdot t, \quad (5)$$

где  $P$  – тариф на электроэнергию (2,93 р. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования (0,2 кВт·ч);

$t$  – время использования оборудования (из расчета работы 3,5 часов в

сутки).

Таким образом, суммарные расходы на материалы составляют:

$$C_{эл} = 2,93 \cdot 0,2 \cdot 3,5 \cdot 198 = 406,1 \text{ руб.}$$

Далее необходимо провести расчет затрат на специальное оборудование для научных работ (таблица 20).

Таблица 20 - Перечень затрат на специальное оборудование

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Микрокомпьютер BeagleBone Black	2	3709,4	7418,8
Бредборд	1	500,35	1000,7
Датчик PIR sensor	2	300,6	601,2
Датчик X-Band motion detector	2	2300,28	4600,56
Датчик SRF-08 ranger	2	1400,0	2800
Датчик DP-104	1	525,6	1051,2
Набор проводов для бредборда	1	300,0	600
Всего за оборудование			16746.51
Итого по статье $C_o$			16746.51

Проведем расчет основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в разработке. Основная заработная плата работника от предприятия определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} , \quad (6)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_{раб}$  – продолжительность работ в рабочих днях.

Среднедневная заработная плата  $Z_{дн}$  рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} , \quad (7)$$

где  $Z_m$  –  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя);

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Месячный должностной оклад руководителя (профессор, д.т.н.):

$$З_{mp} = 33162,87 \cdot 1,3 = 43111,73 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад магистранта, как учебно-вспомогательного персонала 2-го квалификационного уровня:

$$З_{mm} = 8022,65 \cdot 1,3 = 10429,45 \text{ руб.}$$

Определим действительный годовой фонд рабочего времени  $F_n$  руководителя и исполнителя (магистранта) исходя из того, что они работают по 6-дневной неделе (таблица 21).

Таблица 21 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	71	71
- выходные дни	51	51
- праздничные дни	20	20
Потери рабочего времени на отпуск	48	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	294

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$З_{дн.р} = \frac{43111,73 \cdot 10,4}{246} = 1822,6 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$З_{дн.и} = \frac{10429,45 \cdot 12}{294} = 425,69 \text{ руб.}$$

Исходя из количества рабочих, основная заработная плата составит для руководителя:

$$З_{осн.р} = 1822,6 \cdot 28 = 51032,79 \text{ руб.}$$

для исполнителя:

$$З_{осн.и} = 425,69 \cdot 171 = 72792,99 \text{ руб.}$$

Таблица 22 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб.дн.	З <sub>осн</sub> ,руб.
Руководитель	43111,73	1822,6	28	51032,79
Исполнитель	10429,45	425,69	171	72792,99

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала составляет в среднем 12% от суммы основной заработной платы.

Таким образом, дополнительная заработная плата:

для руководителя:

$$З_{д.р} = 51032,79 \cdot 0,12 = 6123,93 \text{ руб.}$$

для исполнителя:

$$З_{д.и} = 72792,99 \cdot 0,12 = 8735,15 \text{ руб.}$$

Таблица 23 - Заработная плата участников исследования

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	51032,79	72792,99
Дополнительная зарплата	6123,93	8735,15
Итого	57156,72	81528,14
Итого по статье Сзп	138684,86	

Далее рассчитаем отчисления на социальные нужды. Отчисления на социальные нужды включают в себя отчисления во внебюджетные фонды: пенсионный фонд, фонд ОМС и т.д. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 30%, тогда

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (8)$$

$$C_{внеб} = 0,3 \cdot 138684,86 = 41605,45 \text{ руб.}$$

Последняя статья расходов – это накладные расходы. В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении

темы.

Примем коэффициент накладных расходов  $k_{накл}$  равным 90%,

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (9)$$
$$C_{накл} = 0,9 \cdot 138684,86 = 124816,37 \text{ руб}$$

Итоговая группировка затрат по статьям приведена в таблице 24.

Таблица 24 - Группировка затрат по статьям

Статьи затрат	Стоимость, руб.
Материалы	520
Специальное оборудование	16746.51
Заработная плата	138684,86
Отчисления на социальные нужды	41605,45
Накладные расходы	124816,37
Итого плановая себестоимость	322373,19

Для реализации данной разработки потребуется 322373,19 рублей.

## 5.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (10)$$

где  $\Phi_{pi}$  - стоимость  $i$ -го варианта исполнения

$\Phi_{max}$  - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{322373,19}{370687,5} = 0,86; I_{финр}^{исп2} = \frac{370687,5}{370687,5} = 1; I_{финр}^{исп3} = \frac{285359,4}{370687,5} = 0,76.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (11)$$

где  $I_m$  - интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

$a_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  - бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания

$n$  - число параметров сравнения

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 25.

Таблица 25 - Сравнительная характеристика разработки с аналогами

Критерии	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	3	3	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителям)	0,1	4	5	4
3. Помехоустойчивость	0,2	5	4	1
4. Энергосбережение	0,2	5	3	3
5. Надежность	0,2	5	4	3
6. Материалоемкость	0,2	3	4	5

$$I_{III} = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 4,3$$

$$I_{A1} = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 2,2$$

$$I_{A2} = 0,1 \cdot 2 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 1 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 = 3,0$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{ucni}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{ucni} = \frac{I_{p-ucni}}{I_{финр. i}} \quad (12)$$

$$I_{ucn1} = \frac{4,3}{0,86} = 5,0; I_{ucn2} = \frac{2,2}{1} = 2,2; I_{ucn3} = \frac{3,0}{0,76} = 3,94$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucni}}{I_{ucnmax}} \quad (13)$$

Таблица 26 - Показатели эффективности

Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	1	0,76
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	2,2	3,0
Интегральный показатель эффективности	5,0	2,2	3,94
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,44	0,78

По результатам анализа текущий проект эффективнее аналога 1 в 2,27 раза, а в сравнении с аналогом 2 показатель эффективности больше в 1,28 раза.

## 5.6. Заключение по разделу

По результатам выполненного задания для раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» было достигнуто следующее:

- Были определены потенциальные потребители результатов исследования;
- Проведен SWOT-анализ, по результатам которого были выделены стратегии как использовать возможности и сильные стороны проекта, и при этом нейтрализовать слабые стороны и возникающие угрозы.
- Определены цели и требования к результатам проекта;
- Составлен план проекта, в соответствии с которым определяются объем работ и время, затрачиваемое на ее выполнение;
- Рассчитан бюджет научного исследования. Рассчитано, что для реализации проекта требуется 322373,19 рублей;
- Проведена оценка финансовой эффективности и ресурсоэффективности по сравнению с аналогами. Интегральный показатель эффективности показал, что разработка эффективнее двух основных аналогов в 2,27 и 1,28 раза, соответственно.

## 6. Социальная ответственность

### 6.1. Введение

В данной выпускной работе был произведён обзор и анализ известных методов обнаружения человека в зоне освещения, а также разрабатывался прототип системы детектирования для интеллектуальной системы освещения. В процессе разработки программного обеспечения для устройства были использованы компьютеры. При разработке аппаратной части системы использовалась паяльная станция, различные измерительные приборы.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [20] опасные и вредные факторы, возникающие при проведении данной работы, приведены в таблице 27.

Производственный фактор - фактор, воздействие которого на работающего при определенных условиях, приводит к травмам или резкому ухудшению здоровья, возникновению хронических заболеваний или снижению работоспособности.

Таблица 27-Опасные и вредные факторы при разработке устройства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Система детектирования	Электромагнитное поле. Электростатическое поле.	Электрический ток.	Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность - ГОСТ 12.1.038-82; Нормы параметров электромагнитного и электростатического поле описаны в СанПиН 2.2.4.1191-
Компьютер	Электромагнитное поле. Электростатическое поле.	Электрический ток.	

<p>Измерительные устройства:  мультиметр,  осциллограф.  Блок питания.  Паяльное оборудование.  Лампы дневного света.</p>	<p>Электромагнитное поле.  Электростатическое поле.  Шум.  Повышенная температура внешней среды.  Недостаточная освещённость.</p>	<p>Электрический ток.  Термические ожоги.</p>	<p>03 и в ГОСТ 12.1.045-84 соответственно.</p>
---	---	---	--

## **6.2. Производственная безопасность**

### **Анализ вредных и опасных факторов при разработке устройства**

#### *Электромагнитное поле*

В ходе создания программного обеспечения системы детектирования были использованы ЭВМ. Основными составляющими частями персонального компьютера (ПК) являются: системный блок (процессор) и разнообразные устройства ввода/вывода информации: клавиатура, дисковые накопители, принтер, сканер, и т. п. Каждый персональный компьютер включает средство визуального отображения информации называемое по-разному - монитор, дисплей. Как правило, в его основе - устройство на основе электронно-лучевой трубки. ПК часто оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим вспомогательным электрооборудованием. Все эти элементы при работе ПК формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя [21].

Одним из средств обнаружения, использованных в системе обнаружения является радиоволновой датчик движения, принцип работы которого основан на эффекте Доплера, данный датчик излучает радиоволны в области частот 10,535 ГГц, таким образом он также является источником ЭМП.

В процессе разработки системы было использовано различное измерительное оборудование, например, вольтметр, осциллограф. ЭМП в данных приборах создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электронно-лучевой трубки монитора осциллографа или магнито-электрического вольтметра. ЭМП обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Биологическое воздействие зависит от длины волны, интенсивности, продолжительности и режимов воздействия ЭМП, размеров, анатомического строения органа, подвергающегося воздействию ЭМП.

Специфическое воздействие ЭМП обусловлено биохимическими изменениями, происходящими в клетках и тканях. Наиболее чувствительными являются центральная и сердечно-сосудистая системы. Наблюдаются нарушения условно-рефлекторной деятельности, снижение биоэлектрической активности мозга, изменение межнейронных связей.

Тепловое воздействие ЭМП характеризуется повышением температуры тела, локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию. Интенсивность нагрева зависит от количества поглощенной энергии и скорости оттока тепла от облучаемых участков тела. Отток тепла затруднен в органах и тканях с плохим кровообращением. К ним, в первую очередь, относят хрусталик глаза.

Нормы параметров электромагнитного поля описаны в СанПиН 2.2.4.1191-03 [22].

#### *Электростатическое поле*

При работе монитора на экране кинескопа накапливается электростатический заряд, создающий электростатическое поле. В разных исследованиях, при разных условиях измерения значения электростатического поля колебались от 8 до 75 кВ/м. При этом люди, работающие с монитором, приобретают электростатический потенциал [23].

Электростатическое поле возникает в результате облучения экрана потоком заряженных частиц. Неприятности, вызванные им, связаны с пылью, накапливающейся в электростатически заряженных экранах, которая летит на человека во время его работы за осциллографом. Электростатический потенциал, возникающий в теле человека при его работе за монитором, различен и колеблется в пределах  $\pm 0,6$ кВ/м. Потенциал человека служит решающим фактором при осаждении частиц пыли на поверхности тела, что, в свою очередь, может служить причиной кожных заболеваний, порчи контактных линз, при катаракте развивается помутнение хрусталика глаза. [23]

Уровень электростатического поля не должен превышать максимального

уровня согласно ГОСТ 12.1.045-84 [24].

### *Шум*

Шум на рабочих местах создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает из вне. Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека.

Значительная часть работы, затраченная на создание системы была, проведена в лаборатории. Основными внутренними источниками шума в которой являлись охлаждающие системы ПК и серверов, а также узлы питания в осциллографе. Внешние источники шума - шум с улицы при открытом окне.

Прежде всего, шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности (жалобы на утомляемость, общую слабость, апатию, ослабление памяти и т.д.). При воздействии шума наступают изменения в органах зрения человека (понижается устойчивость острота и чувствительность зрения), а также и в вестибулярном аппарате; нарушаются функции желудочно-кишечного тракта; повышается внутричерепное давление; происходят нарушения в обменных процессах организма и т.п. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации.

В результате неблагоприятного воздействия шума на работающего человека происходит снижение производительности труда, увеличивается брак в работе, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев. Поэтому в помещениях уровень шума не должен превышать 65дБ согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [22].

### *Повышенная температура внешней среды*

В ходе реализации системы детектирования была использована паяльная станция, которая является основным источником тепла в лаборатории. Также,

системы охлаждения ПК вносят изменения в температурную картину помещения, т.к. тепло снимаемое с нагретых элементов системного блока, например, процессора, отводится в воздушный бассейн лаборатории.

При повышении температуры воздуха уменьшается теплоотдача во внешнюю среду, происходит повышение температуры внутренних органов. Исследователями установлено, что при температуре воздуха более 30°C работоспособность человека начинает падать. Длительное воздействие высокой температуры может привести к значительному накоплению теплоты в организме и перегреванию организма.

В результате воздействия высоких температур на организм человека, происходит снижение производительности труда, повышается утомляемость и раздражительность. Поэтому в рабочих помещениях, температура не должна превышать 22-24°C согласно СанПиН 2.2.4.548-96 .

#### *Недостаточная освещённость*

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: обеспечение различаемости рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

В ходе создания экспериментального образца осуществлялась пайка компонентов, обладающих маленькими размерами (например, расстояние между выводами микросхемы INA333 составляет 0,65 мм). Согласно СП

52.13330.2011 , уровень общей освещённости в лаборатории при осуществлении работ средней точности с наименьшим объектом различения от 0,5 до 1 мм с использованием комбинированного освещения, со светлым характером фона и средним уровнем контраста между фоном и объектом, должно составлять не менее 400 лк.

#### *Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе*

Вредные вещества которые могут образовываться в процессе пайки включают в себя хлорид железа или персульфат аммония, гидроксид калия, а также сплав Вуда, в состав которого входит кадмий.

Для обеспечения минимального воздействия вредных веществ или их полного отсутствия на организм человека, необходимо предусмотреть дополнительную вентиляцию, а также средства индивидуальной защиты, такие как респиратор или марлевая повязка.

#### *Поражение электрическим током*

В качестве источника поражения тока может выступать блок питания или оголённые токоведущие линии.

Чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением приборов в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети приборы общим выключателем и устранить неисправность;

- запрещается при включенном техники одновременно прикасаться к приборам имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.).

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током в электроустановках:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- защитное разделение сетей;
- предохранительные устройства.

Самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током при эксплуатации измерительных приборов и устройств - защитное заземление, которое предназначено для превращения “замыкания на корпус” в “замыкание на землю”, с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание потенциала).

#### *Термические ожоги*

При не аккуратном обращении с паяльной станцией, есть большая вероятность получить сильные ожоги. Для избежания травм паяльник оснащён специальной теплоизоляционной ручкой и подставкой встроеной в саму станцию. Для предотвращения ожогов при контакте с токоведущими частями приборов или при контакте с корпусом прибора во время короткого замыкания, все приборы должны быть заземлены.

### **6.3. Экологическая безопасность**

При выполнении данной работы, в частности, разработке коммутационной части системы, был задействован флюс для пайки. При работе с которым происходило его испарение. Каких либо негативных воздействий на окружающую среду эти пары не оказывали. Также при работе самого устройства, в окружающую среду ничего не выделяется.

Также имело место использование компьютера, который требует решения таких важных вопросов, как утилизация отходов (микросхемы с содержанием цветных металлов, платы). Утилизация компьютеров и другой оргтехники проходит в несколько этапов. В первую очередь, специалисты по утилизации разбирают приборы на детали. Полученные компоненты сортируют по видам вторичного сырья (лом черных и цветных металлов, электронный лом) и отправляются на переработку.

#### **6.4. Безопасность в ЧС**

Наиболее вероятной ЧС, которая может возникнуть при проведении исследований, является пожар.

Пожар может возникнуть при коротком замыкании в процессе разработки или эксплуатации прибора.

При возникновении пожара необходимо сообщить об этом в городскую пожарную охрану по телефону 01 (при этом необходимо сообщить точный адрес здания, место возникновения пожара или обнаружения признаков пожара, вероятную возможность угрозы людям, а также другие сведения, необходимые диспетчеру пожарной охраны). Кроме того, следует назвать себя и номер телефона, с которого делается сообщение о пожаре.

Оповестить о пожаре или его признаках людей, находящихся поблизости, и принять необходимые меры для эвакуации всех людей из здания (из опасной зоны). При появлении опасных факторов пожара (дым, потеря видимости, высокая температура, токсичные пары горения) немедленно эвакуироваться в безопасную зону. При возможности сообщить о пожаре руководителям, должностным лицам и всем людям, находящимся в здании.

Также, для предотвращения пожара, необходимо иметь рабочий огнетушитель, план эвакуации и разработанные мероприятия при возникновении пожара. Дополнительно следует провести инструктаж перед началом проведения исследовательских работ.

## **6.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов (полная ставка в Германии включает в себя 40 часов в неделю);
- установление двух регламентируемых перерывов (первый длительностью в 15 минут после 1-2 часов работы, второй перерыв – на обед длительностью не менее 40 минут).

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты.

Оплата труда, социальные пособия, дополнительные выплаты устанавливаются в соответствии со степенью вредности и опасности выполняемых обязанностей.

## **6.6. Организация рабочего при работе за компьютером**

Под рабочим местом работающего за компьютером понимают зону трудовой деятельности, оснащённую всем техническим и вспомогательным оборудованием, необходимым для осуществления управления компьютером. Организация рабочего места должна удовлетворять следующим эргономическим и психологическим требованиям:

- **досягаемость** - рациональная планировка рабочего места предполагает такое размещение всех технических средств и рабочих материалов, которое позволяет работать без лишних движений, приводящих к утомлению и лишним затратам времени. На этот счёт имеются нормативные данные, определяющие размеры зон досягаемости, в которых работа наименее утомительна, и максимальных рабочих зон, ограниченных вытянутыми руками. Зоны эти располагаются в горизонтальной и вертикальной плоскостях и зависят от роста человека. Зная их размеры, можно приступать к решению вопроса о размещении отдельных приспособлений и материалов, сообразуясь с их назначением и частотой использования;

- **обозримость** - это требование организовать своё рабочее место так, чтобы все без исключения материалы в любой момент были видны. Хорошая обозримость в сочетании с постоянством мест хранения материалов, должна свести на нет потери времени на их поиск;

- **изолированность** - исследования показывают прямую зависимость между степенью изолированности рабочего места умственного труда и продуктивностью работы. Ликвидируется нервное напряжение, возникающее при необходимости работать на виду;

- **достаточное рабочее пространство** для работающего, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации компьютера;

- **достаточные физические, зрительные и слуховые связи** между оператором и оборудованием;

- оптимальное размещение оборудования, главным образом средств отображения информации и органов управления, благодаря которому обеспечивается удобное положение оператора при работе;
- необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения оперативных задач и технического обслуживания оборудования;
- обеспечение комфорта в помещениях, где производится работа (температурный режим, допустимый уровень акустических шумов, создаваемых оборудованием рабочего места); [24].

## Заключение

---

В процессе выполнения работы были проанализированы основные методы обнаружения движения, применимые для использования в системе обнаружения в контексте интеллектуальной системы освещения. В результате анализа были выделены основные методы и средства контроля, использование которых позволяет получить необходимые параметры для обнаружения человека. Была разработана экспериментальная установка, в состав которой входят аппаратная и программная части, для исследования реакции датчиков разных типов на движение человека в зоне контроля. В ходе чего, была выявлена оптимальная пара сенсоров, приемлемая для использования в системе обнаружения. По результатам эмпирических исследований были установлены зоны обнаружения датчиков и получены осциллограммы сигналов, анализ которых позволяет оценить возможности их использования отдельно или в комбинации. Проведенные экспериментальные исследования и экспериментальная установка являются базой для создания модуля обнаружения.

Спроектированный прототип системы обнаружения, на основе микрокомпьютера BeagleBone Black, обеспечивает гибкость, расширяемость и встраиваемость, в интеллектуальную систему освещения, что является одним из ключевых требований к системе обнаружения. Разработанный алгоритм обнаружения движения, основанный на анализе данных получаемых с радиоволнового и инфракрасного детекторов, позволяет с высокой вероятностью выявить движение человека в области освещения и избегать ложных срабатываний, вызванных воздействием мешающих факторов на датчики.

Для представленной работы, также были выполнены такие разделы как «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» и «Социальная ответственность».

## Дальнейшая работа над проектом

---

На текущий момент, прототип интеллектуальной системы освещения создается в рамках проекта SmartLighting system, в лаборатории FILA, на базе университета прикладных наук Анхальта (Германия). Работа над проектом предполагает разработку различных модулей, одним из которых является модуль обнаружения, разработка которого осуществляется в текущей работе.

Решение проблемы алиасинга сигнала, полученного с радиоволнового датчика позволит получать более информативный сигнал, что может оказать влияние на последующий алгоритм обработки сигнала и подход к этой задаче в целом.

Работа по созданию полноценной и функционирующей системы не закончена. В рамках магистерской дипломной работы в Hochschule Anhalt планируются дальнейшие исследования средств обнаружения, в частности различных типов инфракрасных и радиоволновых датчиков. Изучение датчиков разных типов позволяет выделить наиболее оптимальные технические решения, на базе чего возможно построение эффективной системы обнаружения.

## Список публикаций студента

---

1. Goponenko A. S. , Matveev I. G. Overview of motion and presence detection systems used in smart lighting systems [Electronic resorces] // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI Научно-практической конференции с международным участием, Томск, 27-30 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 241-247. - Mode of access: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C18/C18.pdf>
2. Matveev I. G. , Goponenko A. S. Design of detection module for smart lighting system [Electronic resorces] // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI Научно-практической конференции с международным участием, Томск, 27-30 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 247-251. - Mode of access: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C18/C18.pdf>
3. Гопоненко А. С. , Матвеев И. Г. Использование датчиков различных типов в интеллектуальных системах освещения [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум-2015: VII Международная студенческая электронная научная конференция, Москва, 15-20 Февраля 2015. - Москва: Российская академия естествознания, 2015 - С. 1-10. - Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2015/854/13765>
4. Матвеев И.Г. , Гопоненко А.С., Юрченко А.В. Разработка системы детектирования для интеллектуальной системы освещения на основе микрокомпьютера beaglebone // Инноватика-2015: материалы XI Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–23 Мая, 2015 - С. 196-200. - Издательский Дом Томского государственного университета, 2015.
5. А.С. Гопоненко, И.Г. Матвеев, А.В. Юрченко, М.К. Ковалев. Разработка системы детектирования для интеллектуальной системы освещения на основе микрокомпьютера Beaglebone // Ползуновский вестник. - 2015 - No. 3.- С. 126-129

6. Гопоненко А.С., Матвеев И.Г., Юрченко А.В., Ковалев М.К., Тимофеев В.Ю. Разработка информационной системы детектирования для интеллектуальной системы освещения на основе микрокомпьютера beaglebone // Проблемы информатизации региона ПИР-2015 :материалы XIV всероссийской научно-практической конференции, 2015.
7. Матвеев И.Г. Создание экспериментальной установки и исследование реакции датчиков на движение в зоне контроля [Электронный ресурс] // Неразрушающий контроль: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», Томск, 23-37 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - С. 1-4.

## Список использованных источников

---

1. Д. В. Сукачев, Инфракрасные датчики движения и присутствия – реальный способ экономии электроэнергии [Электронный ресурс]. - URL:[http://www.energsovet.ru/bul/6\\_2010.pdf](http://www.energsovet.ru/bul/6_2010.pdf) - Загл. с экрана, дата обращения 20.01.2015.
2. Власюк Н.П. Пассивный инфракрасный датчик движения / Радиоаматор. - 2006. - №5. - С. 31-37.
3. Технические средства обнаружения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nicohrana.ru/forum/viewtopic.php?f=18&t=28> - Загл. с экрана - Дата обращения: 20.05.2015
4. Датчики движения. Основные виды и их особенности. Области применения [Электронный ресурс]. – URL: <http://rozetkaonline.ru/poleznie-stati-o-rozetkah-i-vikluchateliah/item/54-datchiki-dvizheniya-osnovnyie-vidy-i-ikh-osobennosti-oblasti-primeneniya#ultra> - Загл. с экрана - Дата обращения: 23.01.2015
5. Радиоволновые и комбинированные детекторы движения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://lib.qrz.ru/book/export/html/3200> - Загл. с экрана - Дата обращения: 27.01.2015
6. Becker, D. ; Schaufele, B. ; Einsiedler, J. ; Sawade, O. ; Radusch, I. Vehicle and pedestrian collision prevention system based on smart video surveillance and C2I communication / Proceedings of 2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014, p. 3088-3093. DOI: 10.1109/ITSC.2014.6958186
7. Zhijun Jiang ; Mingfa Wang ; Wei Gong. The video capture and processing research on Smart car road information based on OV7620 camera / Proceedings of 2010 2<sup>nd</sup> International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR), Vol. 1, 2010, p. 108-111. DOI: 10.1109/CAR.2010.5456894

8. Zhong Zhang ; Mistry, A. ; Weihong Yin ; Venetianer, P.L. Embedded smart sensor for outdoor parking lot lighting control / 2012 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012, p. 54-59. DOI: 10.1109/CVPRW.2012.6238895
9. Комбинированные датчики охранной сигнализации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.polyset.ru/article/st1001.php> - Загл. с экрана - Дата обращения: 01.02.2015
10. Beaglebone Black system reference manual [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.farnell.com/datasheets/1685587.pdf> - Загл. с экрана – Revision 0.0.1 – Дата обращения 01.02.2015.
11. SRF08 Ultra sonic range finder. Technical Specification [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf08tech.html> - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
12. Parallax. X-Band motion detector [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/32213-X-BandMotionDetector-v1.1\\_0.pdf](https://www.parallax.com/sites/default/files/downloads/32213-X-BandMotionDetector-v1.1_0.pdf) - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
13. PIR motion sensor module. [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.seeedstudio.com/wiki/PIR\\_Motion\\_sensor\\_module](http://www.seeedstudio.com/wiki/PIR_Motion_sensor_module) - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
14. Adafruit. Setting up IO library on BeagleBone Black [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.adafruit.com/setting-up-io-python-library-on-beaglebone-black/overview> - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
15. TCP communication in Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://wiki.python.org/moin/TcpCommunication> - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
16. Java TCP socket and swing tutorial [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cise.ufl.edu/~amyles/tutorials/tcpchat/> - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.

17. Speeding up BeagleBone Black GPIO a thousand times. [Электронный ресурс]. – URL: <http://hackaday.com/2013/12/07/speeding-up-beaglebone-black-gpio-a-thousand-times/> - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
18. T.T. Soong, Fundamentals of probability and statistics for engineers/State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, USA/John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, ISBN 0-470-86814-7 (Paper), 2014.
19. Гаврикова Н.А., Г123 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
20. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – URL: <http://lib3.main.tpu.ru/docs/d?nd=5200224> - Загл. с экрана. - Дата обращения: 10.03.2016.
21. Электромагнитное поле и его влияние на здоровье человека [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.it-med.ru/library/ie/el\\_magn\\_field.htm](http://www.it-med.ru/library/ie/el_magn_field.htm) - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
22. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 03.06.2003 N 118. СанПиН от 03.06.2003 N 2.2.2/2.4.1340-03 [Электронный ресурс]. – URL: <http://lib3.main.tpu.ru/docs/d?nd=901865498> - Загл. с экрана. - Дата обращения: 10.03.2016.
23. Электростатическое поле при работе с ПК [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.bezzhd.ru/52\\_professionaljnye\\_zabolevaniya\\_pri\\_rabote\\_s\\_pyevm\\_i\\_ih\\_profilaktika/yelektrostaticheskoe\\_pole\\_pri\\_rabote\\_s\\_pk](http://www.bezzhd.ru/52_professionaljnye_zabolevaniya_pri_rabote_s_pyevm_i_ih_profilaktika/yelektrostaticheskoe_pole_pri_rabote_s_pk) - Загл. с экрана – Дата обращения 01.02.2015.
24. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [Электронный

ресурс]. – URL: <http://lib3.main.tpu.ru/docs/d?nd=9051575> - Загл. с экрана. -  
Дата обращения: 10.03.2016.

25. Безопасность труда при работе с ПЭВМ [Электронный ресурс]. – URL:  
[http://mirznanii.com/info/bezopasnost-truda-pri-rabote-s-pevm\\_309013](http://mirznanii.com/info/bezopasnost-truda-pri-rabote-s-pevm_309013) - Загл.  
с экрана – Дата обращения 01.02.2015.

## Приложение А - Раздел выполненный на иностранном языке

---

Раздел  
Экспериментальные исследования  
Experimental researches

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Б	Матвеев Иван Григорьевич		

Консультант кафедры: ФМПК

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юрченко Алексей Васильевич	Доктор технических наук		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалёва Юлия Юрьевна	Кандидат педагогических наук		

## Experimental researches

### Components description

#### BeagleBone Black

BeagleBone Black (figure 1) is a low-cost, community-supported development platform for developers and hobbyists [10]. Some features of the Beaglebone are described in the following table 1.

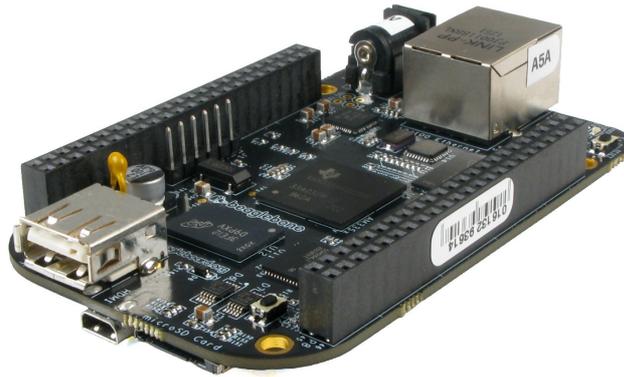


Figure 1 - Beaglebone Black

Table 1 - BeagleBone Black specifications

CPU	Cortex-A8 + 2xPRU(200Mhz)
Onboard storage:	8-bit eMMC, microSD card
Onboard network:	Fast Ethernet (MII based)
USB ports:	1 x Standard A host port. 1x mini B device port (direct)
Memory (SDRAM):	512 MiB DDR3
Size:	86.40 mm × 53.3 mm
Power source:	Mini USB or 2.1 mm x 5.5 mm 5 V jack
Low-level peripherals:	4xUART, 8x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2xCAN bus, 4 Timers
Weight	39.68 gram

## SRF08 ultrasonic ranger

Ultrasonic range finder (figure 2) is able to measure distance in range from 3cm to 6m. The SRF08 interfaces via the industry standard I2C bus. Light sensor which is integrated in ranger ensures to measure current level of lighting. Main specifications of the detector are represented in table 2. Commutation circuit to BeagleBone is represented on figure 3. Operation principle of the detector is based on distance measuring via ultrasonic scanning, but motion also can be detected when corresponding data processing algorithm is used.



Figure 2 - SRF08 ranger

Table 2 - SRF08 ranger specifications

Quantity	Value	Units
Power source	5	V
Current draw	5 - typical, 3 - standby	mA
Frequency	40	KHz
Maximum Range	6	m
Minimum Range	3	cm
Connection	Standard I2C Bus	
Light Sensor	Front facing light sensor	
Timing	Fully timed echo, freeing host computer of task	

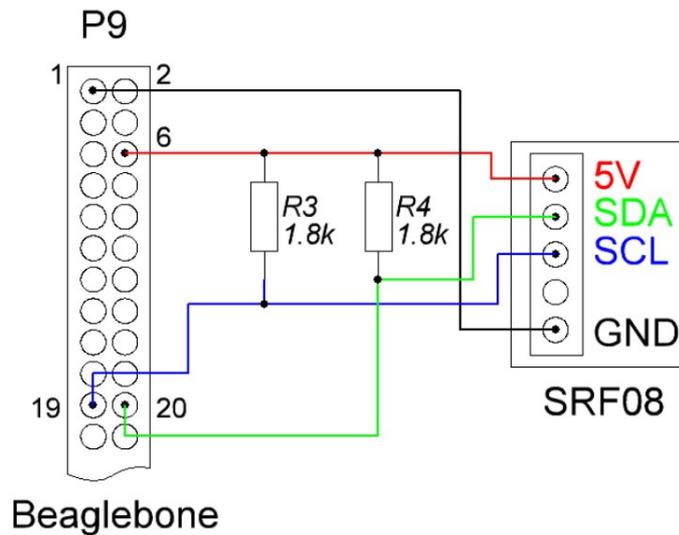


Figure 3 - Commutation circuit to BeagleBone

### **X-Band motion detector**

It is a Doppler radar sensor that operates in the X-band frequency at 10.525 GHz, and indicates movements with oscillations in its high/low output. Sensitivity is manually adjustable with a potentiometer on the back of the device, offering direct line of sight detection from 2.4 to 9 m [12].

Motion in the detection area causes oscillations at the module's OUT pin. The front of the device is the antenna PCB, a printed circuit board surface with the module's transmit and receive antennas. The device should be oriented so that this surface faces the detection area. When the enable (EN) pin is held high or left floating, the device takes brief, periodic, low power Doppler radar measurements. The frequency of the high/low signals the output (OUT) pin transmits corresponds to the speed of the motion [12].



Figure 4 - Front and rear side of the X-band motion detector

Specifications of the device are represented in the table 3. Output voltage level is 3,3 V that is compatible with GPIO of the BeagleBone.

Table 3 - X-Band detector specifications

Symbol	Quantity	Minimum	Typical	Maximum	Units
	Range	2.4		10	m
f	Operating frequency	10.520	10.525	10.530	GHz
EIRP	Radiation power	10	13	14	dBm
	Clutter suppression			-30	dBm
	Spurious emissions at 3 m		3	6	$\mu\text{V/m}$
RSS	Receiver Signal strength		140		$\mu\text{Vpp}$
	Noise		3		$\mu\text{Vrms}$
HPBW <sub>H</sub>	Half power beam width (horizontal)		80		°
HPBW <sub>V</sub>	Half power beam width (vertical)		40		°
VS	Supply voltage	4.75	5.00	5.25	VDC
IS	Supply current, EN high (enabled)		10		mA
ID	Supply current, EN low (disabled)		7		mA
fP	Pulse frequency		2		kHz
tP	Pulse duration		10		$\mu\text{s}$
T	Operating temperature	0		55	°C
Weight			15.1		gram

## Pir sensor

PIR (Passive Infra-Red) sensor is shown on figure 5. The operating principle is based on pyroelectric effect. Changes of intensity of infrared emission and, consequently, changes of voltage on pyroelement are measured by difference amplifier. These changes are caused by movement of warm objects in area of detection. Integrated Fresnel lenses are used for focusing of infrared radiation. Main specifications of device are represented in table 4.

This sensor has two modes of operation which are changed by front panel switches.

- H - mode. Output remains high when sensor is retriggered repeatedly. Output is low when idle (not triggered).
- L - mode. Output goes high then low when triggered. Continuous motion results in repeated high/low pulses. Output is low when idle.



Figure 5 - PIR sensor

Result of scanning can be taken via cycle checking of out pin. Commutation of this sensor is implemented through direct connection of out pin to general input/output ports (GPIO) of the microcomputer.

Table 4 - Specifications of PIR sensor [13]

Quantity	Value	Units
Power supply	3.0-5.5	V
Current	100	mA
Detecting distance	9	m
Output signal	3,3	V
Sentry Angle	120	°
Size	36L x 26W x 21H	mm

## Structure and functionality of experimental setup

A main control device of the system detection (figure 6) is the microcomputer BeagleBone Black. One executes common program which is developed in Python language, particularly, sensors scanning and interconnection with external devices via Wi-Fi module, which ensures Wi-Fi interface.

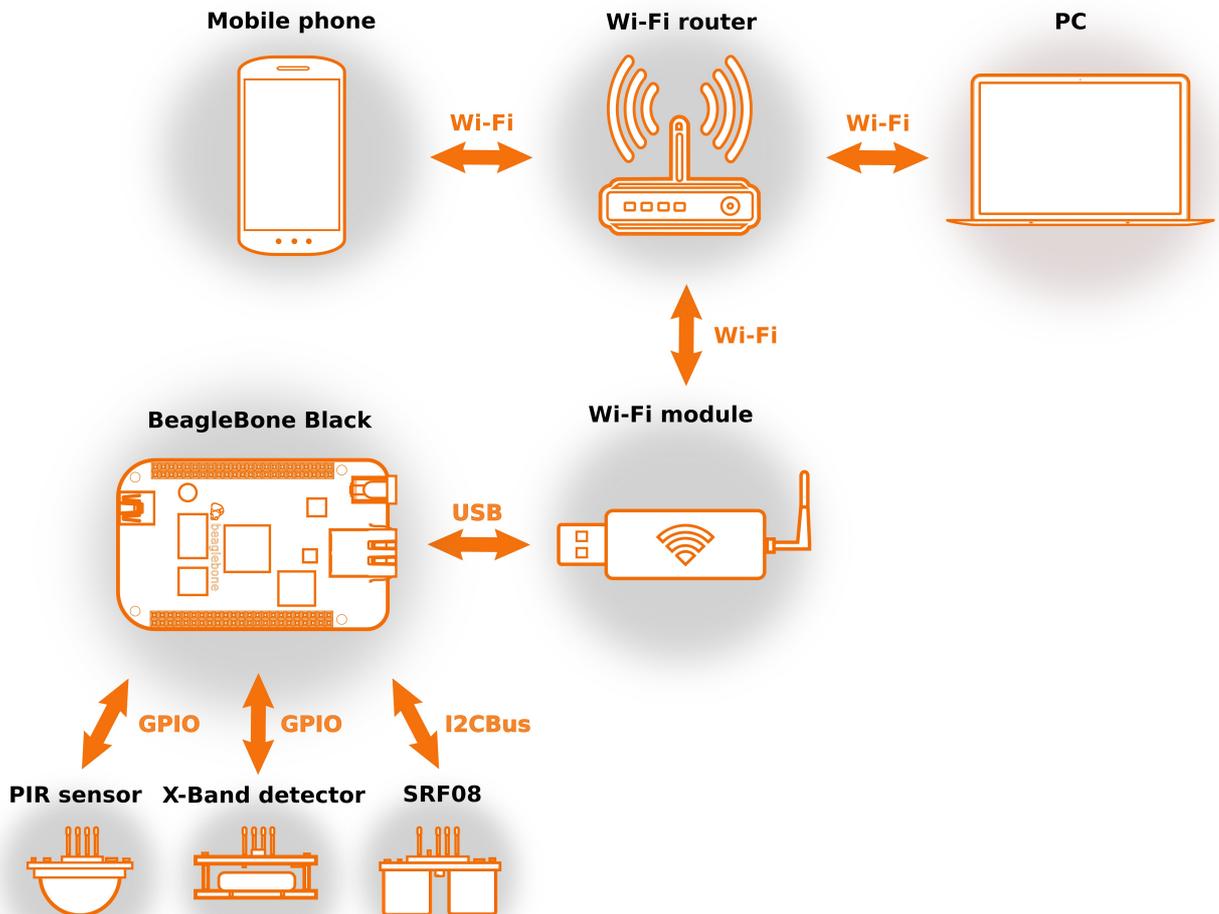


Figure 6 - Flow chart of the experimental setup

Also, microcomputer is responsible for:

- power supply for detectors;
- program execution and registration of sensors data;
- processing of received sensors data;
- interconnection with external devices and transmitting of collected data;

The sensors are connected to BeagleBone as following: SRF08 ultrasonic

motion detector connected over I2C Bus interface, signal pinouts of PIR infrared motion detector and X-Band motion detector are connected directly to GPIO of the microcomputer. Comparative features of the detectors are located in table.

Table 5 - Comparative features of the detector

Sensor type	PIR sensor	SRF08	X-band motion detector
Power supply	DC 3 - 5 V	5 V	5 V
Current draw	100 mA	15 mA	8 mA
Detection range	0-8 m	3 cm -10 m	to 10 m
Temperature	-	-	from 0 to 55 °C
Additional information	Adaptation time before start 10 - 60 s	Interface I2C Bus	Operation frequency 10.525 GHz

Wi-Fi router provides common subnet for interconnection between devices. The router is used to ensure uniform Wi-Fi coverage of detection area and consequently to reduce latency while interdevices signal transmission and consequently to improve time synchronization.

A mobile device is used for remote system control. Application on mobile device, which is developed in Java language, initializes start of the program on microcomputer. When sensors are enabled and active, corresponding signal is sent from the BeagleBone to the mobile device. The signal indicates about start of the experiment that leads to timer start in mobile application. The application indicates time limits of the experiment to person. This application provides time synchronization (due to delay between start of the program in microcomputer and start of detectors scanning) and simplifies procedure of experiment (one person is able to remote control of system and to cause sensors response).

When the experiment is finished, the program on BeagleBone initializes data transmission to the computer via TCP socket, where graph plotting is performed for further analysis.

## Software of the experimental setup

A main program is responsible for detectors scanning, data collection, data transmission and interconnection with external devices. The program was implemented in Python language. The Python was selected because of simple syntax which can be studied fast and wide availability of free libraries for developing under BeagleBone Black platform. The simplified algorithm structure is represented on figure 7. Source code is located in appendix B.

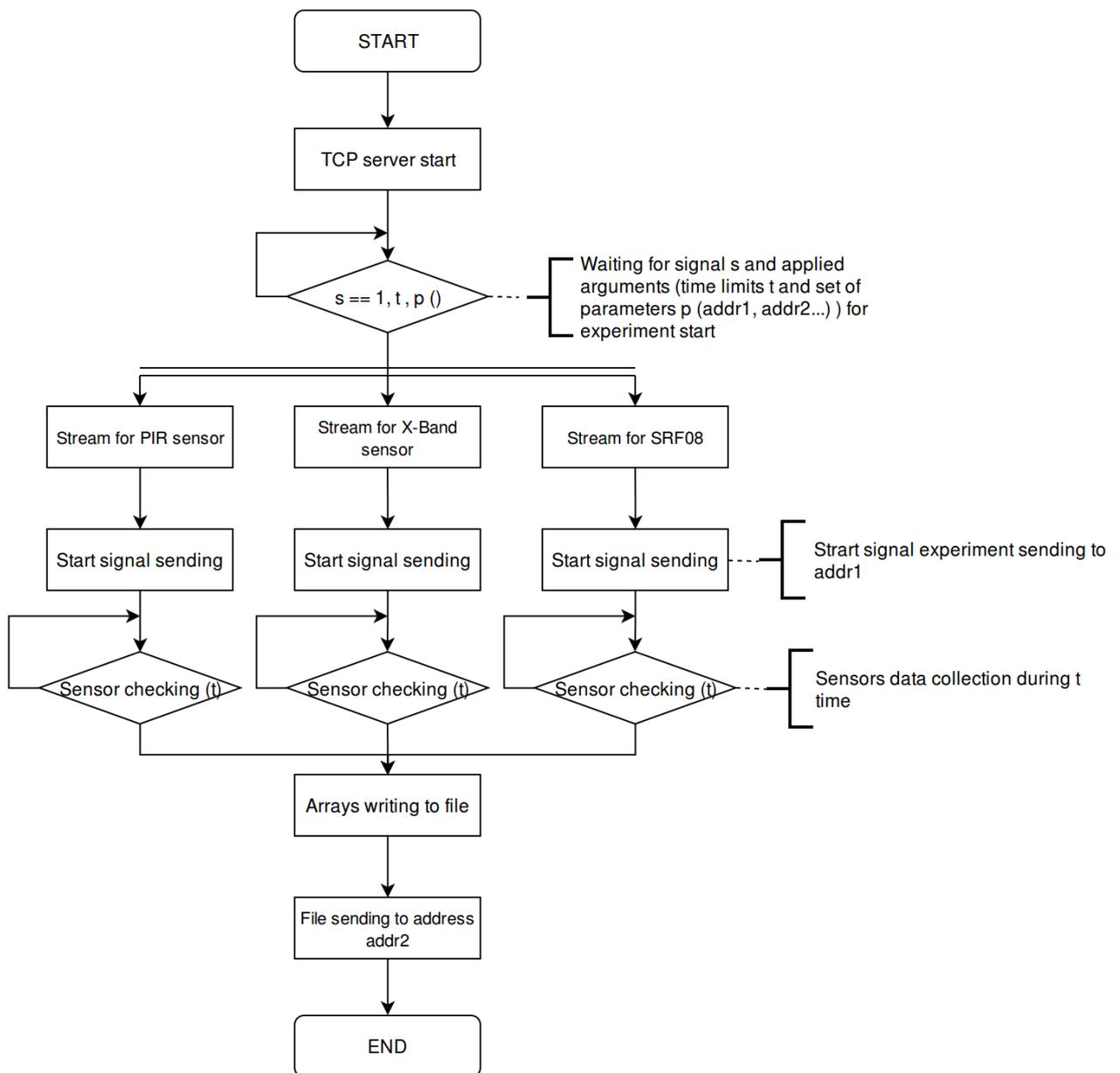


Figure 7 - Algorithm structure

A TCP server execution is performed in the beginning of the program start for parameters and start signal receiving.

After signal receiving about start of the experiment the subprocesses running are performed. It initializes sensors scanning and data registration. The stream subprocess implementation is selected due to different checking frequencies of detectors and, consequently, different amount of cycle iteration. The SRF08 checking is completed with frequency 14 times per second, X-Band motion detector is checked 3300 times per second, PIR sensor -100 times per second. The checking frequencies are chosen through empirical way, these values allows to save maximal information part of the signals.

The mobile device client was developed for mobile devices with Android OS. The application was developed in Java and provides remote system control. The client is TCP socket for sending of required parameters to main program and waiting for start signal of experiment. Result of signal receiving initializes start of a timer for time coordination of a person. Graphical user interface (GUI) of the application is shown on figure 8.

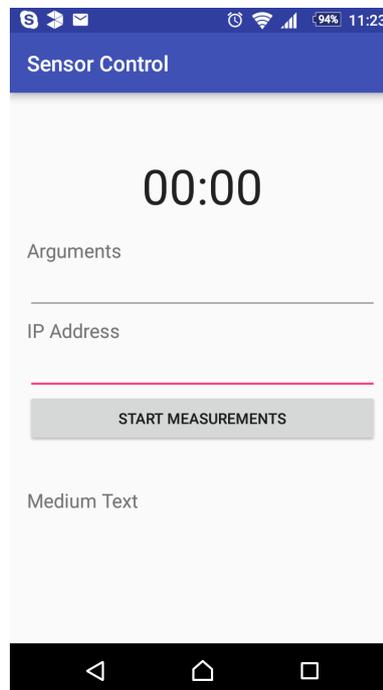


Figure 8 - GUI of the application

## Methodology of experiment

Experiment was performed in conditions that is approximate to real exploitation conditions of detection system: street area with length 16 m. and width 12 m. Motion vectors are passed across and along through control area with 1 m. step (figure 9).

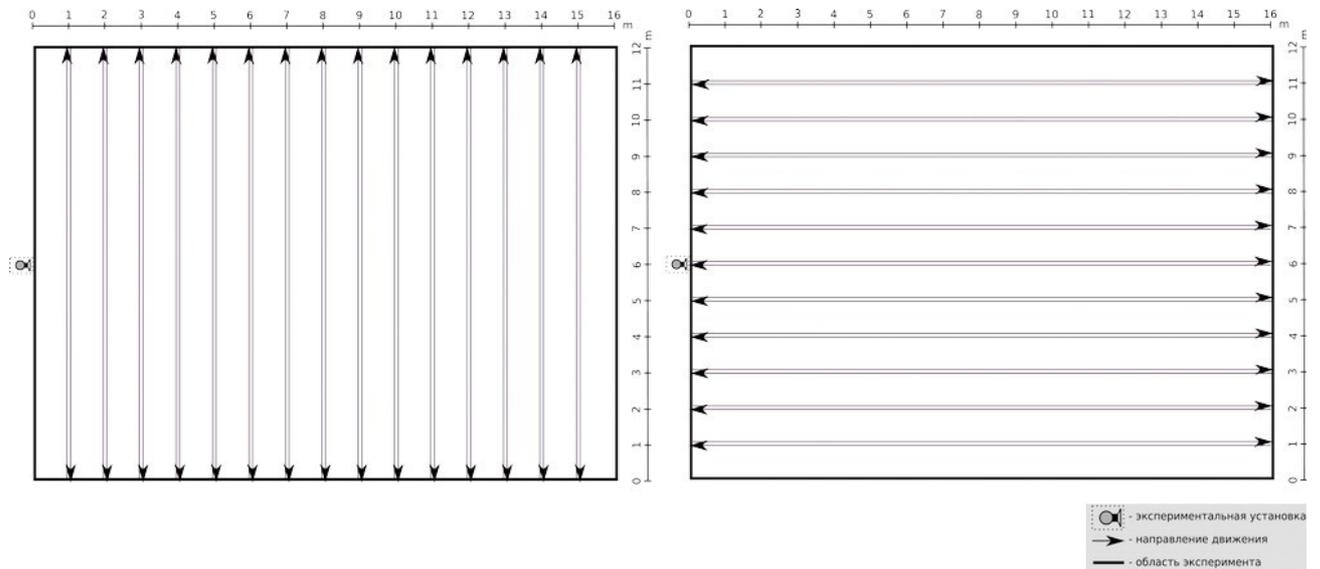


Figure 9 - Direction of movement vectors

Time of performing of experiment sample when movement occurs across - 30 s.:

- 0-5 s. - no motion;
- 5-15 - one way motion;
- 15-20 s. - no motion;
- 20-30 s. - reversed motion.

Corresponding time-motion dependence is shown on figure 10.

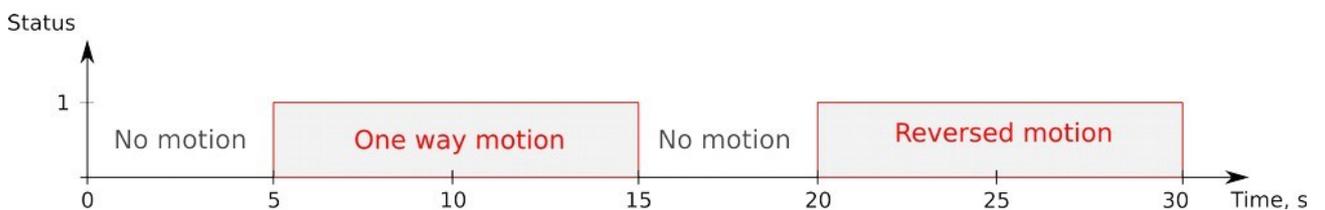


Figure 10 - Timetable for motion across control area

Time of performing of experiment sample when movement occurs along - 30

s.:

0-5 s. - no motion;

5-18 - one way motion;

18-30 s. - no motion.

Corresponding time-motion dependence is shown on figure 11.

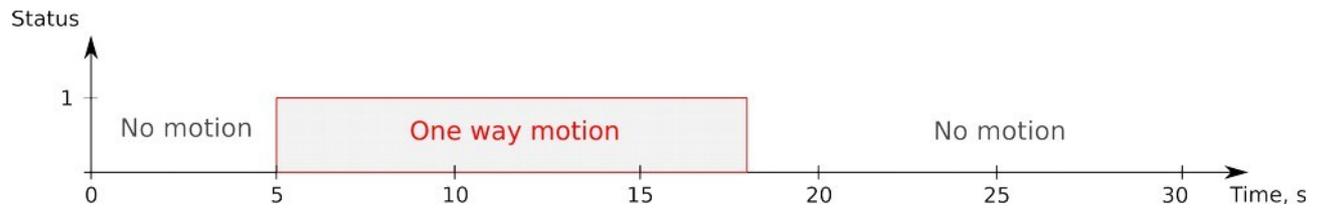


Figure 11 - Timetable for motion along control area

## Experiments results

When the first set of experiments was completed the incapacity of SRF08 using relative to such kind of systems was detected. The reasons are low distance range of detection (not more than 1.5 m.) and narrow angle of scanning. Consequently, this detector will be not considered in further researches.

Waveforms of detectors signals for motion across control area with 1 meter distance to setup are represented on figure 12:

- (a) — real motion;
- (b) — infrared sensor signal (PIR sensor);
- (c) — radiowave sensor signal (X-Band motion detector);
- (d) — frequency transformation of the radiowave sensor signal;
- (e) — integral transformation of the radiowave sensor signal;

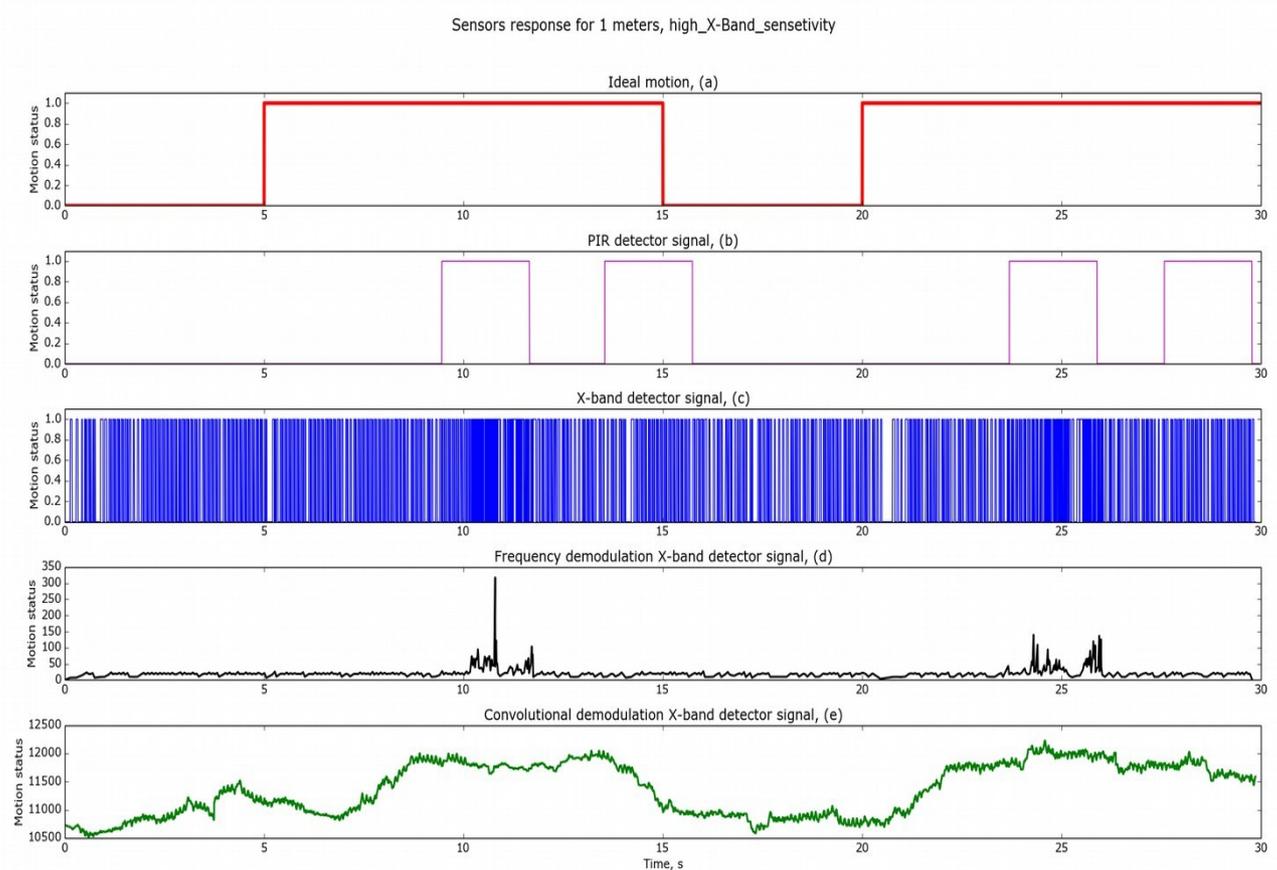


Figure 12 - Waveforms of motion across with 1 meter distance

Figure 13 (a) is a reference graph which corresponds to real motion of a

human during experiment.

The output signal of infrared detector is a series of pulses when continuous motion is detected. Waveform of radiowave output signal is a relation between speed of motion and pulses frequency changing. A demodulation of received signals has to be performed for analysis and consequent signal processing.

These dependences allow to define time area of motion detection. According to figure 12, in case of motion with 1 meter distance, the motion was detected in time intervals 9 -16 s. and 23.5-29.8 s. for infrared sensor.

In this way, values of object speed and detection time allow to define coordinates of object. As a result of a series of experiments, the data approximation was performed and detection areas of different types of detectors were plotted (figure 13).

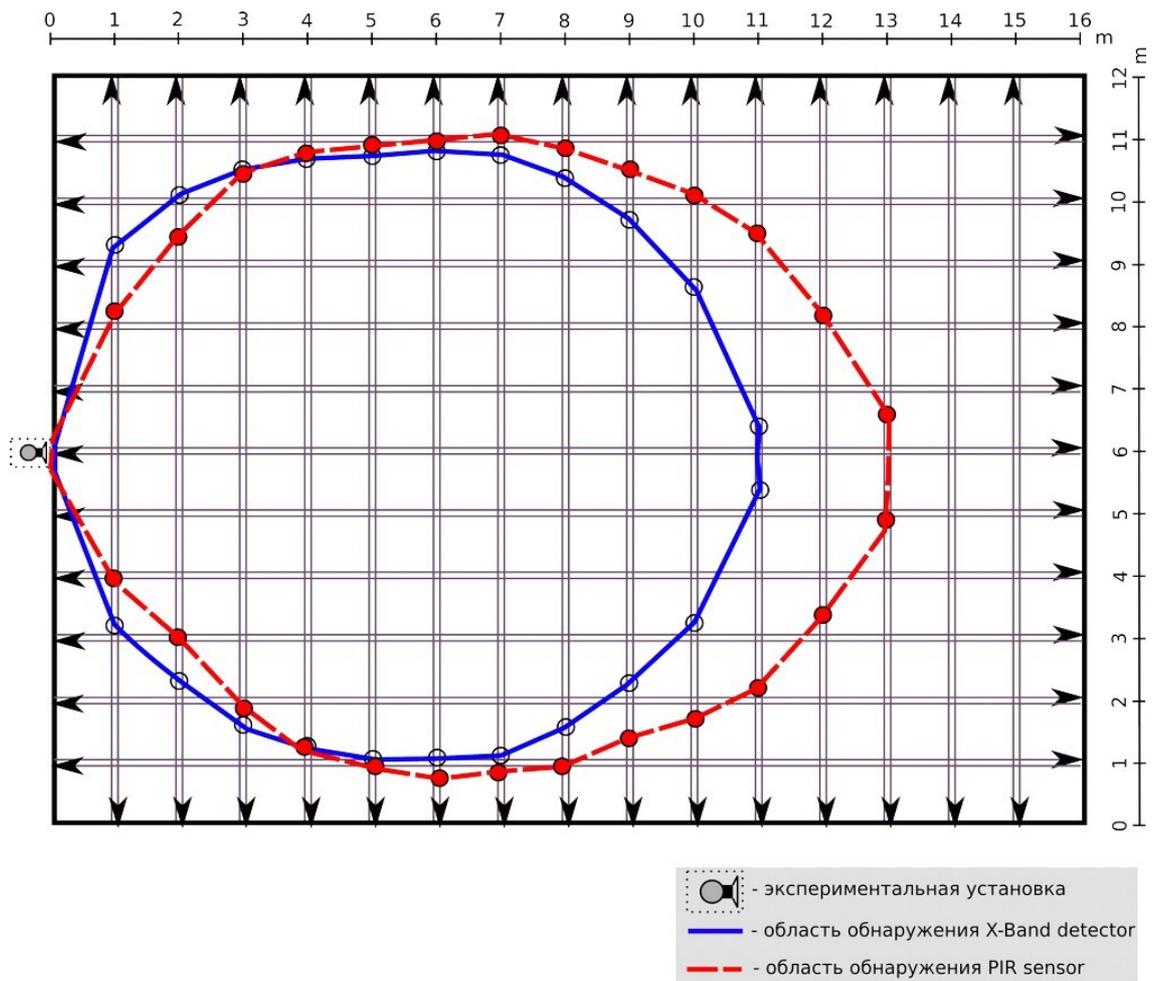


Figure 13 - Detection areas of detectors

As a result of empirical research the experimental setup was created for researching of dependences between motion and sensors signals. Optimum combination of sensors for using in detection system has been found. This combination consists of infrared and radiowave detectors.

## Приложение Б - Исходный код программы для экспериментальной установки

---

'''

*Author: Ivan Matveev*

*Source code available on github: <https://github.com/Necator94/sensors.git>. Program for empirical researches of sensors response, start of checking threads initializes via incoming TCP string with arguments:*

*args[0] - duration of experiment*

*args[1] - number of experiment(to define output filename)*

'''

```
import Adafruit_BBIO.GPIO as GPIO          # library for interconnection with BBB GPIO
```

```
import time
```

```
from collections import Counter
```

```
import threading
```

```
import Queue
```

```
import sys
```

```
import thread
```

```
import os
```

```
import socket
```

```
print 'program starting'
```

```
print " _____ "
```

```
'''
```

*Function for using by threads arguments:*

*pin - pinname which is corresponding to sensor*

*cycles - number of cycle iteration (300 cycles = 30 seconds)*

*outData, outTime - arrays with collected data*

*name - additional argument to indicate name of sensor while start of the thread*

```
'''
```

```
def xband_pir(pin, cycles, outData, outTime, name):
```

```
    t_ex1 = time.time() # get current system time
```

```
    print name, 'started'
```

```
    GPIO.setup(pin[0], GPIO.IN) # export of out pin
```

```
    GPIO.setup(pin[1], GPIO.OUT) # export of LED pin
```

```
    data = []
```

```
    rowTime = []
```

```
    time_ = []
```

```
    i = 0
```

```

while time.time() - t_ex1 < cycles:                                # execute cycle until defined in arg[0] time
    if GPIO.input(pin[0]) :
        GPIO.output(pin[1], GPIO.HIGH)
        flag = 1
    else:
        GPIO.output(pin[1], GPIO.LOW)
        flag = 0
    data.append(flag)
    rowTime.append(time.time())
    time_.append(rowTime[i] - rowTime[0])
    i += 1
print name, 'finished', " time = ", time.time() - t_ex1
outData.put(data)
outTime.put(time_)
# 0 - out pin 1 - LED pin
xBandPins = {0 : 'P8_8', 1 : 'P8_10'}
pirPins = {0 : 'P8_7', 1 : 'P8_12' }
xBandData = Queue.Queue()
xBandTime = Queue.Queue()

```

```
pirData = Queue.Queue()
pirTime = Queue.Queue()
#socket part
#*****
HOST = "
PORT = 5566
s = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
print 'Socket created'
try:
    s.bind((HOST, PORT))
except socket.error as msg:
    print 'Bind failed. Error Code : ' + str(msg[0]) + ' Message ' + msg[1]
    sys.exit()
print 'Socket bind complete'
while True:
    s.listen(10)
    print 'Socket now listening'
    conn, addr = s.accept()
    #now keep talking with the client
```

```
data = conn.recv(64)
print data
#*****
args = data.split()
if args[0] == 'exit':
    print 'exit'
    break
elif len(args) < 2:
    print '2 args are required'
    break

xBandThread = threading.Thread(target = xband_pir, args = (xBandPins, int(args[0]), xBandData, xBandTime, 'xBand'))
pirThread = threading.Thread(target = xband_pir, args = (pirPins, int(args[0]), pirData, pirTime, 'pir'))

xBandThread.start()
pirThread.start()
conn.sendto('started', addr)
xBandThread.join()
pirThread.join()
```

```

conn.sendto('finished', addr)
conn.close()

GPIO.cleanup()
xBandData_ = xBandData.get()
xBandTime_ = xBandTime.get()
pirData_ = pirData.get()
pirTime_ = pirTime.get()
file = open("row_data_" + args[1] + ".txt", "w")
if len(xBandData_) < len (pirData_):
    length = len(xBandData_)
else:
    length = len(pirData_)
for index in range(length):
    file.write(str(xBandData_[index]) + " " + str(xBandTime_[index]) + " " + str(pirData_[index]) + " " +
str(pirTime_[index]) + "\n")
    file.close()
s.close()
print "socket closed"

```

## Приложение В - Исходный код программы для системы обнаружения

---

'''

Author: Ivan Matveev

Source code available on github: <https://github.com/Necator94/sensors.git>

Program for detection system

'''

```
import Adafruit_BBIO.GPIO as GPIO          # library for interconnection with BBB GPIO
```

```
import time
```

```
from collections import Counter
```

```
import threading
```

```
import Queue
```

```
import sys
```

```
import thread
```

```
import os
```

```
import socket
```

```

def xband(pin, outData):

    GPIO.setup(pin[0], GPIO.IN)          # export of out pin
    GPIO.setup(pin[1], GPIO.OUT)        # export of LED pin

    data = []
    rowTime = []
    time_ = []
    i = 0
    temp = []

    while True:
        if GPIO.input(pin[0]) :
            GPIO.output(pin[1], GPIO.HIGH)
            flag = 1
        else:
            GPIO.output(pin[1], GPIO.LOW)
            flag = 0
        data.append(flag)

```

```
# mean
for i, element in enumerate(data):
    temp.append(element)
    if i % 1000 == 0:
        mean = (sum(temp)/len(temp))
        if mean > 11500
            temp = []
        outData.put(data)
```

```
def pir(pin, outData):
```

```
    GPIO.setup(pin[0], GPIO.IN)        # export of out pin
    GPIO.setup(pin[1], GPIO.OUT)       # export of LED pin
```

```
    data = []
    rowTime = []
    time_ = []
    i = 0
    temp = []
```

```
while True:
    if GPIO.input(pin[0]) :
        GPIO.output(pin[1], GPIO.HIGH)
        flag = 1
    else:
        GPIO.output(pin[1], GPIO.LOW)
        flag = 0
    outData.put(flag)
```

```
def detctionProcessing(inPir, inXBand):
```

```
    while True:
        pir = inPir.get()
        xBand = inXBand.get()
        if pir == 1 and if xBand > 11500:
            print 'motin detected'
```

```
# 0 - out pin 1 - LED pin
```

```
xBandPins = {0 : 'P8_8', 1 : 'P8_10'}
```

```
pirPins = {0 : 'P8_7', 1 : 'P8_12' }
```

```
xBandData = Queue.Queue()
```

```
xBandTime = Queue.Queue()
```

```
pirData = Queue.Queue()
```

```
pirTime = Queue.Queue()
```

```
xBandThread = threading.Thread(target = xband, args = (xBandPins, xBandData))
```

```
pirThread = threading.Thread(target = pir, args = (pirPins, pirData))
```

```
detectedThread = threading.Thread(target = xband_pir, args = (pirData, xBandData))
```

```
xBandThread.start()
```

```
pirThread.start()
```

```
xBandThread.join()
```

```
pirThread.join()
```

```
GPIO.cleanup()
```

```
xBandData_ = xBandData.get()
```

```
xBandTime_ = xBandTime.get()
```

```
pirData_ = pirData.get()
```

```
pirTime_ = pirTime.get()
```