

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника  
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Разработка программного обеспечения для формирования критериев и параметров идентификации человека по походке</b>

УДК 004.415.2:004.932.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ82	Катков Владимир Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ботыгин И.А.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горбенко М.В.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ботыгин И.А.	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код	Результаты обучения	Требования ФГОС 3++ ВО, СУОС ТПУ, критерии ассоциации инженерного образования России и международных стандартов, требования профессиональных стандартов России
Р1	Самостоятельно приобретать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области современных информационно-коммуникационных технологий для решения междисциплинарных инженерных задач.	Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-1, ОПК-4), СУОС ТПУ (УК-1, УК-4, УК-5), критерий 5 АИОР (п. 1.1), требования профессионального стандарта 06.014 (ПК-1).
Р2	Разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач.	Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-2), СУОС ТПУ (УК-1), критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 06.015 (ПК-2), 06.016 (ПК-3), 06.041 (ПК-11).
Р3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.	Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-3), СУОС ТПУ (УК-1, УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.2), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI, требования профессионального стандарта 01.004 (ПК-12, ПК-13, ПК-14).
Р4	Демонстрировать способность к практическому использованию полученных новых знаний, новых научных принципов и новых методов исследований.	Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-3, ОПК-4), СУОС ТПУ (УК-4, УК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.2, 2.6.), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 06.027 (ПК-7), 06.036 (ПК-8), 06.037 (ПК-9), 06.040 (ПК-10).

<b>P5</b>	<p>Разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем,</p> <p>адаптировать зарубежные комплексы обработки информации</p> <p>и информационно-коммуникационные системы к нуждам отечественных предприятий.</p>	<p>Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-5, ОПК-6, ОПК-7), СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-6), критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI, требования профессиональных стандартов 06.015 (ПК-2), 06.026 (ПК-6).</p>
<b>P6</b>	<p>Осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре.</p>	<p>Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-8), СУОС ТПУ (УК-2), требования профессиональных стандартов 06.017 (ПК-4), 06.022 (ПК-5).</p>
<b>P7</b>	<p>Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения, эксплуатации и модернизации программно-аппаратного обеспечения информационно-телекоммуникационных систем на всех этапах жизненного цикла.</p>	<p>Требования СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4),</p> <p>критерий 5 АИОР (п. 1.5), соответствующий международным стандартам EUR-ACE и FEANI. Требования профессиональных стандартов 06.026 (ПК-6), 06.036 (ПК-8), 06.037 (ПК-9).</p>
<b>P8</b>	<p>Критически анализировать современные проблемы информатики и вычислительной техники, ставить задачи и разрабатывать программу исследования в индустрии новых информационных технологий, выбирать соответствующие методы решения экспериментальных и теоретических задач, критерии эффективности и ограничения их применимости, прогнозировать тенденции научно-технического развития.</p>	<p>Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-3), СУОС ТПУ (УК-1), требования профессионального стандарта 01.036 (ПК-8).</p>

<p><b>Р9</b></p>	<p>Способность к профессиональной коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности на основе истории и философии нововведений, математических методов и моделей для управления разработкой программных средств и проектов; способность руководить коллективом в сфере профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия; способность публично выступать и отстаивать свою точку зрения.</p>	<p>Требования ФГОС 3++ ВО (ОПК-1), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), требования профессионального стандарта 01.004 (ПК-12, ПК-14).</p>
------------------	---	---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника  
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ботыгин И.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ82	Катков Владимир Владимирович

Тема работы:

<b>Разработка программного обеспечения для формирования критериев и параметров идентификации человека по походке</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-42/с от 28.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Среда разработки Microsoft Visual Studio;</li> <li>2. Языки программирования C++, C#;</li> <li>3. Операционная система Windows 10;</li> <li>4. Библиотека OpenCV;</li> <li>5. Видеокамера смартфона Xiaomi Mi9.</li> </ol>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение литературы о походке, ее параметрах и способах исследования, алгоритмов выделения движущегося объекта на изображении.</li> <li>2. Создание видеозаписей походки разных людей.</li> <li>3. Разработка и проектирование программного продукта для извлечения данных походки человека из видеофайла.</li> <li>4. Определение параметров походки.</li> <li>5. Анализ результатов.</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структура системы идентификации по походке</li> <li>2. Структура модуля накопления данных</li> <li>3. Схема записи данных о походке</li> <li>4. Бинарные изображения силуэта человека</li> <li>5. Развёртки походки разных людей</li> <li>6. Диаграмма Ганта</li> </ol>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Горбенко Михаил Владимирович</p>
<p>Раздел на иностранном языке</p>	<p>Аксёнова Наталия Валерьевна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Глава 1. Исследование методов и подходов распознавания человека по походке</p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Ботыгин И.А.</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8ВМ82</p>	<p>Катков Владимир Владимирович</p>		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) информационных технологий  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.2020	Глава 1. Исследование методов и подходов распознавания человека по походке	
19.04.2020	Глава 2. Функциональное проектирование и разработка архитектуры системы для формирования критериев и параметров идентификации человека по походке	
15.05.2020	Глава 3. Технологические этапы обработки и экспериментальное исследование идентификации человека по походке	
18.05.2020	Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
25.05.2020	Глава 5. Социальная ответственность	
29.05.2020	Приложение А, Chapter 1. Characteristics and research methods of the human gait	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ботыгин И.А.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ботыгин И.А.	к.т.н., доцент		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 114 страниц, 47 рисунков, 17 таблиц, 1 приложение.

Ключевые слова: извлечение данных, походка человека, компьютерное зрение, силуэт фигуры человека, видеофайл, система идентификации, определение движения, биометрия.

Объект исследования: походка человека и ее параметры.

Цель работы: разработка программного инструментария для формирования критериев и параметров идентификации человека по видеозаписи его походки.

В процессе исследования проводились работы по записи экспериментальных видеофайлов, анализу алгоритмов распознавания движущихся объектов, изучению литературы о походке человека, разработке и отладке программного продукта для извлечения данных о походке человека.

В результате исследования было разработано программное обеспечение для извлечения данных из видеофайла о походке человека, предложен сценарий съемки для записи видеоданных, получены количественные параметры походки для разных людей.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: для работы программного обеспечения используется библиотека компьютерного зрения OpenCV, в работе использовались видеофайлы формата MPEG-4 (ISO/IEC 14496-14:2003).

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Походка – совокупность индивидуальных особенностей, определяющая манеру пешего передвижения отдельно взятого человека. Походка объединяет биомоторику свободных конечностей с движениями туловища и головы, при котором, механизм мышечной координации регулируется механизмами осуществления движения, поддержания позы и равновесия тела.

Биометрия – система распознавания людей по одной или более физическим, или поведенческим чертам (трёхмерная фотография лица и/или тела, образец голоса, отпечатки пальцев, рисунок вен руки, группа крови, специальное фото роговицы глаза и т.д.).

Компьютерное зрение (иначе техническое зрение) – теория и технология создания машин, которые могут производить обнаружение, отслеживание и классификацию объектов. Как научная дисциплина, компьютерное зрение относится к теории и технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений.

Нейронная сеть – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма.

Видеозапись – электронная технология записи визуальной информации, представленной в форме видеосигнала или цифрового потока видеоданных, на физический носитель с целью сохранения этой информации и возможности последующего её воспроизведения и отображения на устройстве вывода (монитора, экрана или дисплея).

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ОС – операционная система

ПО – программное обеспечение

БД – база данных

НИИ – научно-исследовательский институт

НИР – научно-исследовательская работа

ИНС – искусственная нейронная сеть

ПК – персональный компьютер

ИИ – искусственный интеллект

COVID-19 - COronaVirus Disease 2019

НДС – налог на добавленную стоимость

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	14
Глава 1. Исследование методов и подходов распознавания человека по походке .....	17
1.1    Описание предметной области.....	17
1.1.1    Существующие способы распознавания походки .....	17
1.1.2    Существующие способы анализа походки человека.....	20
1.1.3    Ходьба .....	21
1.1.4    Параметры ходьбы .....	26
1.1.5    Биомеханика ходьбы.....	28
1.1.6    Кинематика ходьбы.....	29
1.1.7    Динамика ходьбы .....	30
1.1.8    Виды походки .....	31
1.2    Методы распознавания базовых признаков походки .....	35
1.2.1    Бинарные силуэты человека.....	35
1.2.2    Поза человека.....	36
1.2.3    Нейросетевые подходы.....	36
1.2.4    Базы данных для распознавания человека по походке .....	36
Глава 2. Функциональное проектирование и разработка архитектуры системы для формирования критериев и параметров идентификации человека по походке .....	39
2.1    Описание разработки .....	39
2.1.1    Структура проекта.....	39
2.1.2    Модуль накопления данных.....	40
2.1.3    Разработка сценария съемки .....	41
2.2    Алгоритмы выделения движущегося объекта.....	42
2.2.1    Бинаризация по порогу .....	44
2.2.2    Фильтрация контуров .....	45
2.2.3    Метод гауссовой смеси.....	46
2.2.4    Метод вычитания фона.....	47
2.2.5    Адаптивный метод вычитания фона .....	48

2.3	Выбор библиотеки компьютерного зрения .....	49
2.3.1	Используемые инструменты .....	50
Глава 3. Технологические этапы обработки и экспериментальное исследование идентификации человека по походке.....		51
3.1	Загрузка исходных данных.....	51
3.1.1	Подготовка данных к работе.....	51
3.2	Выделение объекта.....	52
3.3	Извлечение данных из подготовленных кадров.....	54
3.4	Анализ полученных данных.....	59
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....		76
4.1	Организация и планирование работ .....	76
4.1.1	Продолжительность этапов работ .....	77
4.2.1	Расчет заработной платы .....	82
4.2.2	Расчет затрат на социальный налог .....	83
4.2.3	Расчет затрат на электроэнергию .....	83
4.2.4	Расчет амортизационных расходов .....	84
4.2.5	Расчет прочих расходов.....	85
4.2.6	Расчет общей себестоимости разработки .....	85
4.2.7	Расчет прибыли .....	86
4.2.8	Расчет НДС .....	86
4.2.9	Цена разработки НИР .....	87
4.3.1	Оценка научно-технического уровня НИР.....	88
Глава 5. Социальная ответственность.....		92
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	92
5.2	Профессиональная социальная ответственность .....	95
5.2.1	Анализ вредных факторов рабочей зоны и обоснование мероприятий по их устранению .....	96
5.2.1.1	Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте .....	96
5.2.1.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте .....	97

5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	98
5.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	101
5.2.2.1 Электрический ток .....	102
5.2.2.2 Пожаровзрывоопасность .....	104
5.3 Экологическая безопасность .....	105
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	105
Заключение .....	107
Список литературы .....	108
Приложение А .....	115
Chapter 1. Characteristics and research methods of the human gait .....	115

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире человек с каждым днём всё больше полагается на технологии. И это справедливо: технологии не стоят на месте, а активно развиваются, предоставляя невероятный простор для их применения и интеграции в нашу повседневную жизнь. Едва ли найдутся люди, которых сейчас можно удивить автоматическим распознаванием лиц на фотографиях и видео, а также заменой одного лица на другое в режиме реального времени. И, если в случае мобильных приложений все эти возможности используются в развлекательных целях, то на охраняемых предприятиях подмена одного лица другим может послужить довольно серьезной проблемой, последствия которой сложно предсказать. Известно, что в подобных случаях для идентификации человека могут использоваться различные системы: проверка тембра голоса, отпечатки пальцев, распознавание по лицу и другие. Однако у каждой такой системы есть свои недостатки, например, отпечатки пальцев несложно скопировать если имеется доступ к личным предметам жертвы. Сегодня не существует универсального способа идентификации личности, который невозможно было бы обмануть. К тому же, скомпрометировав отпечатки пальцев для конкретного человека один раз, можно использовать их во всех других системах, выдавая себя за личность жертвы. Имея в распоряжении видеозапись какого-либо события с помощью технологии DeepFake можно заменить одного человека на другого и использовать это в качестве доказательства виновности происшествия [1]. Разумеется, если задействовать все доступные на сегодняшний день технологии биометрии в совокупности, то можно добиться необходимой точности в определении личности, а следовательно, чем разнообразнее методы идентификации, тем больше комбинаций можно создать.

Одной из главных проблем большинства устройств идентификации заключается в том, что основная часть из них требует либо физического контакта, либо довольно близкого расположения идентифицируемого около средств определения личности. В случае обычной проходной на предприятии с

этим проблем не возникает, но на производстве, где сотрудники работают в униформе и максах – довольно сложно определить кто есть кто на рабочем месте. В такой ситуации можно применять светоотражающие маркеры на спецодежде. Однако, такой подход хоть и является довольно простым, но его сложно назвать непосредственно способом идентификации, ведь формой можно поменяться.

Определение личности по походке может послужить хорошей альтернативой. К тому же, такой подход сочетает в себе не только полноценную биометрическую идентификацию, но и позволяет опознать идущего экипированного рабочего даже тогда, когда его пальцы или лицо недоступны для сканирующих сенсоров и камер. Походку человека сложно подделать, но, как и отпечатки пальцев (например, распаренные пальцы после душа не считываются мобильными устройствами), она может изменяться (в следствие травм).

Во время движения, человек может много рассказать о себе: о здоровье своего позвоночника, о травме колен и плоскостопии, о разной длине ног, размахе рук, о своем весе и других медицинских и физических показателях. И, самое главное, все они являются уникальными для каждого из нас, а, следовательно, могут использоваться непосредственно для установления личности. Поскольку походка человека – процесс динамический, проще всего его фиксировать на видеозаписи. Благодаря развитию технологий компьютерного зрения и алгоритмов нахождения объектов на изображениях – определение движущегося человека уже не представляется невыполнимой задачей. На протяжении последних десятилетий такую технологию идентификации изучали в Японии, Израиле, Великобритании и США, но мало кто пробовал извлекать из этого коммерческую прибыль.

В данной работе представлен один из модулей системы для идентификации человека по его походке. Задача этого модуля заключается в определении параметров походки человека по видеофайлу и их подготовке к записи в базу данных.

**Целью выпускной квалификационной работы** является разработка программного инструментария для формирования критериев и параметров идентификации человека по видеозаписи его походки.

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

- Изучение литературы о ходьбе, ее параметрах и видах, способах исследования походки.
- Изучение алгоритмов выделения движущегося объекта на изображении.
- Разработка сценария создания видеофайла записи походки человека.
- Создание видеозаписей походки разных людей.
- Разработка и проектирование программного продукта для извлечения данных походки человека из видеофайла.
- Обработка «сырых» данных.
- Определение параметров походки.
- Анализ результатов.

**Объектом исследования** в данной работе является походка человека и ее параметры.

**Предметом исследования** является задача разработки программного обеспечения, реализующего извлечение данных о походке из видеофайла.

**Научной новизной** в данной работе является разработка программного обеспечения для извлечения информации о походке из видеофайла необходимой для последующего анализа и выделения индивидуальных признаков походки человека.

# **ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОХОДКЕ**

## **1.1 Описание предметной области**

### **1.1.1 Существующие способы распознавания походки**

Идея идентификации человека по его походке не нова, поскольку еще несколько десятилетий назад криминалисты изучали длину шага и его глубину, чтобы получить дополнительные сведения о подозреваемом. При ходьбе человек, даже не желая этого, может выдать свои скрытые намерения. Так, по словам психологов, любой стресс, который пришлось пережить человеку, накладывает определенный отпечаток на личность, а также на ее внешние проявления – походку и жесты. В настоящее время очень редко можно увидеть человека, который твердо стоит на двух ногах. Как правило, у людей одна нога согнута, что свидетельствует о внутренней неуверенности. Учёные уже давно приняли во внимание тот факт, что походка является одним из важнейших биометрических показателей, который позволяет определять личность человека на расстоянии и без непосредственного контакта. В связи с этим проведено немало исследований в данной области и даже накоплены данные для обучения нейросетевых алгоритмов для идентификации подобного типа. Однако из-за большого количества факторов, непосредственно влияющих на схему передвижения человека на двух ногах и записи этого процесса на видео, задача определения личности по походке до сих пор не имеет достаточно точного решения, которое могло бы корректно отрабатывать в реальных, не лабораторных условиях. В настоящее время о применении такого способа идентификации заявляют такие организации как MasterCard [2], МВД России [3], а также власти Пекина и Шанхая в 2018 году сообщали о начале тестирования таких систем еще [4].

В условиях пандемии COVID-19 исследования в этой области сильно набрали обороты, так как маски, использующиеся в профилактических целях, делают практически не пригодными все системы идентификации личности по лицу, в следствие чего становится сложнее определять нарушителей карантина.

Многие системы идентификации по походке, которые опираются на работу нейросетевых алгоритмов, работоспособны исключительно в рамках тех условий, которые присутствуют в базах данных, использующихся для их обучения. Это является основной причиной ограниченности их применения.

Китайская компания «Watrix» в 2018 году начала тестировать новый инструмент, распознающий людей по манере ходьбы и телосложению. Искусственный интеллект сможет узнать, кто перед ним, даже если у человека не видно лица, он отвернулся от камеры или надел маску (рис. 1).



Рисунок 1 – Идентификация по походке от компании «Watrix»

Система анализирует силуэт, рост, вес, скорость и особенности ходьбы и идентифицирует его по базе данных. Такая технология видит личность на расстоянии 50 метров с точностью определения в 94 процента. Однако делать это в реальном времени пока не получается — искусственному интеллекту требуется как минимум десять минут, чтобы просканировать все данные. Однако уже в ближайшем будущем Watrix собирается сократить этот интервал [5].

Также известно о том, что ученые из Манчестерского университета предлагают использовать в аэропортах идентификацию по походке при проверке пассажиров. Технология SfootBD, опираясь на работу ИИ, ищет закономерности в движениях людей и распознает их личности с

фантастической точностью. Разработкой технологии занималась группа ученых из США и Испании, которая работает на базе Манчестерского университета. По словам разработчиков – их система в 380 раз точнее всех предыдущих систем распознавания походки. Система получила название SfootBD [6].

В основе специальной методики, позволяющей распознавать личность людей по их походке, лежит специальное напольное покрытие (рис. 2). Предполагается, что технологию можно применять для идентификации личности в аэропорту. Помимо этого, ученые работают еще и над тем, чтобы система могла распознавать нейродегенеративные заболевания.

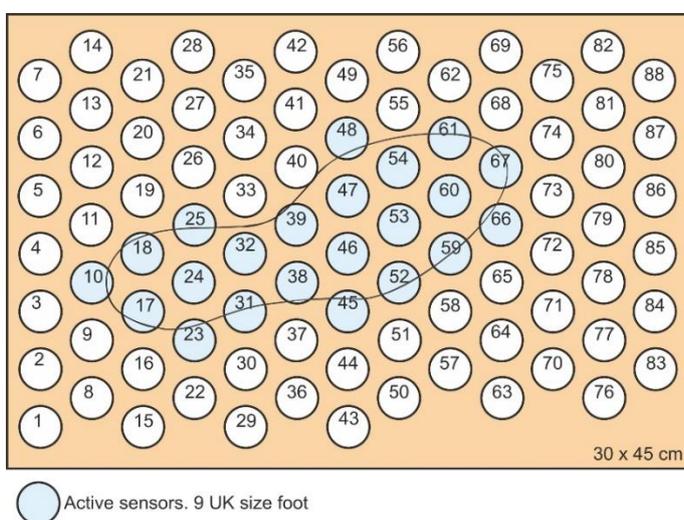


Рисунок 2 – Модель специального покрытия для системы SfootBD

Человек, идущий по покрытию с технологией распознавания походки, непроизвольно оставляет после себя «след», который система крайне быстро успевает анализировать. Точность распознавания достигает 99,3%.

По словам ученых, каждый человек имеет 24 фактора походки, вместе они создают неповторимую манеру шага. Анализ походки может быть также эффективен, как и сканирование отпечатков пальцев, утверждают специалисты. Ученым уже удалось собрать базу походок, в которых отражаются данные о 127 разных людях. Для сбора данных понадобились вмонтированные в пол сенсоры и камеры с высоким разрешением [7].

Стоит отметить, что такая система не универсальна по следующим причинам:

- для того, чтобы записать в базу данных информацию о походке необходимо поместить человека в комнату с датчиками на полу и камерами высокого разрешения.

- алгоритмы могут распознать лишь тех, чья походка записана в базе данных. Поэтому говорить о масштабировании данной технологии не приходится, ведь делать для каждого человека такой «слепок походки» дорого и долго [8].

Также есть информация и том, что существуют компании, которые вовсе прекратили свои исследования в данной области, например, компания FST Biometrics, находящаяся в Израиле, приостановила разработку похожего продукта, поскольку это было «слишком сложно».

### **1.1.2 Существующие способы анализа походки человека**

Начиная с 60-х годов XX века за границей достаточно активно стали изучать походку человека. В России большой вклад в ее анализ внесли такие ученые как Н.А. Бернштейн [9], А.С. Витензон [10], Д.В. Скворцов [11]. До сих пор данное направление является актуальным и востребованным. За последнее время было опубликовано большое количество материалов с достижениями в области анализа движения человека.

На данный момент самыми распространенными способами анализа походки являются:

1. Использование светоотражающих маркеров и электродов электромиографа, которые прикрепляются на тело пациента. Во время испытания инфракрасные камеры следят за положением маркеров, и данные передаются в программное обеспечение. Самой известной фирмой, развивающей данный способ исследования походки, является Vicon [12]. Диагностический инструментальный комплекс состоит из инфракрасных камер, двухсекционной динамометрической платформы АМТІ и программного обеспечения Vicon Nexus и Vicon Polygon.

2. Использование специальной пластины или датчиков для измерения изменения давления испытуемого во время стояния или ходьбы. Изучением походки человека, используя данный способ, занимается больше фирм, рассмотрим самые известные оборудования:

- подометрическая дорожка Walkway (Tekscan, США). Она представляет собой специальную напольную пластину в виде дорожки с смонтированными в нее датчиками давления [13];

- фирма Zebris предлагает стандартные беговые дорожки со встроенными пластинами с большим количеством датчиков, а также мобильные дорожки [14];

- подографический комплекс F-scan (Tekscan, CIF) состоит из датчиков, которые помещаются в обувь обследуемого человека [15].

### **1.1.3 Ходьба**

Ходьба – это основной способ передвижения человека и большинства животных. Человек осваивает ходьбу на двух ногах в раннем детстве и использует этот способ локомоции в течение всей жизни. Различные техники ходьбы позволяют рассматривать хождение как спорт, фитнес-нагрузку для поддержания здоровья и улучшения самочувствия [16]. В силу индивидуальных особенностей организма, полученных в течение жизни травм и развившихся заболеваний процесс ходьбы у каждого человека происходит по своей собственной уникальной схеме. Ходьбу можно рассматривать как цепочку последовательно закрепленных действий, которые являются условно-рефлекторными, то есть они выполняются без участия сознания человека.

Большинство специалистов выделяют следующие основные задачи ходьбы:

1. Ключевой задачей считается обеспечение безопасного линейного поступательного перемещения тела вперед.

2. Не менее важно обеспечение способности удерживать вертикальный баланс во время ходьбы, что позволит предотвратить падение в процессе движения.

3. При ходьбе должна соблюдаться плавность движений. Наличие резких движений способно привести к целому ряду различных повреждений.

4. Следующая задача ходьбы – стабильность. Походка человека должна сохранять свою стабильность при наличии воздействующих на него внешних факторов. Также должна обеспечиваться стабильность при изменении плана движения.

5. Ходьба должна быть обеспечена при минимальных энергозатратах. Данная задача требует сохранения энергии в системе в процессе ходьбы и реализуется благодаря тому, что имеющаяся энергия перераспределяется в течение всего цикла шага.

К числу менее важных задач ходьбы принято относить: способность ходьбы подстраиваться для устранения болезненных усилий и движений; оптимизацию передвижения, а также устойчивость. Ходьба должна быть устойчива к возможным воздействиям со стороны возникших биомеханических нарушений.

Ходьба – сложный процесс, в котором задействована нервная и костно-мышечная система человека. И если нервные импульсы не проходят до нужных мышц или суставы не совершают должной амплитуды движений, то это сказывается на походке человека.

Походка – совокупность индивидуальных особенностей, определяющая манеру пешего передвижения отдельно взятого человека. Походка объединяет биомоторику свободных конечностей с движениями туловища и головы, при котором, механизм мышечной координации регулируется механизмами осуществления движения, поддержания позы и равновесия тела. Многие двигательные элементы и признаки походки обуславливаются наследственно, однако на формирование походки оказывает влияние воспитание, темперамент, характер, выбранная профессия и другие факторы [17].

Полный цикл ходьбы (рис. 3) – это период двойного шага. Данный период рассматривается отдельно для каждой ноги и является совокупностью двух фаз: фазы переноса конечности и фазы опоры.

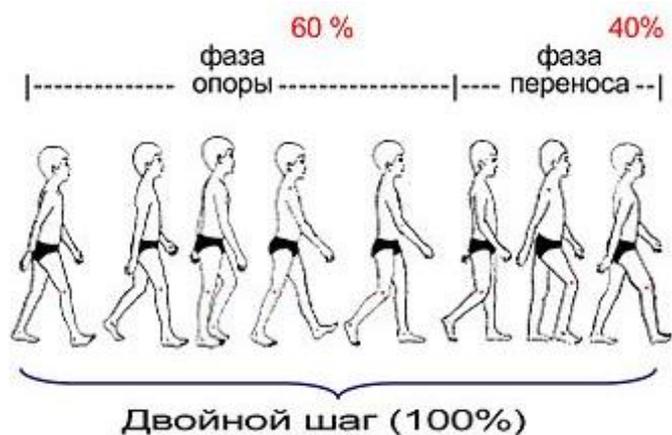


Рисунок 3 – Полный цикл ходьбы

Процесс ходьбы человека заключается в наличии поочередных шагов то на одну, то на другую ногу. При этом одна нога носит название опорной (характеризуется наличием контакта с опорной поверхностью), а вторая называется контралатеральной или переносной (нога выносится вперед).

Таким образом, рассматривая полный цикл ходьбы для каждой ноги в отдельности, можно сделать вывод, что он будет складываться из фазы переноса (время за которое происходит перенос ноги) и фазы опоры (время, за которое происходит контакт ноги с поверхностью). Для опорной фазы характерно наличие активных мышечных усилий конечностей. Данные усилия позволяют создавать динамические толчки, передающие центру тяжести ускорение, без которого поступательное движение тела просто неосуществимо. Как правило, при ходьбе человека в среднем размеренном темпе опорная фаза занимает 40% от полного цикла двойного шага, остальные 60% занимает переносная фаза.

Фазу опоры можно разделить на три периода (рис. 4):

- контактный период. Этот период начинается, когда пятка касается опоры и заканчивается при полном соприкосновении всей стопы с опорой;

- опорный период. Этот период начинается, когда стопа полностью контактирует с опорой и заканчивается при отрыве пятки от опоры;
- пропульсивный период. Этот период начинается во время отрыва пятки от опоры и заканчивается, когда отрываются пальцы от опоры.

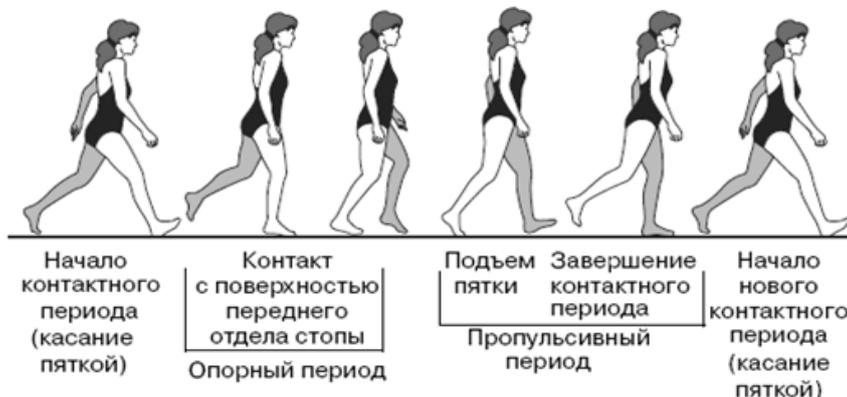


Рисунок 4 – Периоды ходьбы

Когда в течение этой фазы что-то происходит неправильно, то это свидетельствует о каких-то проблемах в организме человека, а следовательно, и об выраженных особенностях походки.

Двойной шаг начинается с фазы опоры (с контактного периода), то есть при соприкосновении пятки с опорной поверхностью. Именно с этого момента, нога, вошедшая в контакт с поверхностью, носит название опорной ноги. Также опорную фазу называют передним толчком и, в данном случае, её рассматривают как итог взаимодействия силы тяжести человека, находящегося в движении, и опорной поверхности. Фаза опоры характеризуется возникновением опорной реакции. Данная реакция возникает на поверхности опоры, и в ходе неё вертикальная составляющая преобладает над массой человеческого тела. Контактный период, с точки зрения положения тела, характеризуется легким тыльным сгибанием стопы и выпрямлением ноги в коленном суставе. При этом тазобедренный сустав находится в положении сгибания. В ходе движения на смену контактному периоду приходит опорный.

В данный момент времени вторая нога так же находится в контакте с опорной поверхностью. В рамках опорного периода вес человеческого тела перераспределяется на такие отделы стопы как передний и задний. С точки

зрения положения тела опорный период характеризуется средними значениями между подошвенным и тыльным сгибанием стопы. Человек подгибает ногу в коленном суставе с целью смягчить инерцию своего тела. Тазобедренный сустав при этом сохраняет согнутое положение. В последующий момент движения происходит наклон голени вперед, сопровождающийся разгибанием ноги в коленном суставе. В результате описанных манипуляций центр тяжести человеческого тела подается вперед. При этом перемещение обусловлено не столько усилием мышечных групп, сколько действием сил инерции. Далее происходит переход опорного периода в пропульсивный. В рамках пропульсивного периода осуществляется перенос основного веса тела на передний отдел стопы. Как правило, задний толчок происходит примерно спустя 65% времени от начала периода двойного шага. Во время данного периода центр тяжести перемещается благодаря активному сокращению мышц.

Следующей фазой является фаза переноса, в рамках которой под влиянием сил инерции происходит отрыв ноги от опорной поверхности и перенос центра тяжести человека. Середина фазы переноса характеризуется максимальным сгибанием всех основных суставов ноги. Цикл ходьбы может считаться завершенным в результате соприкосновения пятки с опорной поверхностью.

При ходьбе можно выделить два периода:

- период, во время которого одна нога соприкасается с опорной поверхностью – одноопорный период;
- период, в рамках которого задняя нога еще не оторвана от опорной поверхности, а вынесенная вперед нога уже соприкоснулась с опорой – двухопорный период.

Следует отметить, что продолжительность двухопорного периода сокращается при увеличении темпа ходьбы, а при переходе на бег данный период полностью исчезает. Исходя из кинематических параметров, отличие бега от ходьбы заключается в наличии или отсутствии двухопорного периода.

### 1.1.4 Параметры ходьбы

Известно множество параметров, которыми можно охарактеризовать процесс ходьбы человека. Однако большинство специалистов выделяют среди всех ряд основных, которым уделяется больше внимания.

Одним из таких параметров является «база опоры». Она представляет собой расстояние, определенное между двумя параллельными линиями, условно проходящими через центры опоры пяток и перпендикулярными по отношению к направлению движения человека.

Выделяют еще один параметр – «короткий шаг». Он представляет собой расстояние, заключенное между точками опоры пяток обеих ног.

Параметр – «разворот стопы» обычно рассматривается в качестве угла, образованного линией перемещения и линией, проходящей через середину стопы (данная линия проходит через центр опоры пятки и точку, расположенную между первым и вторым пальцем ноги).

Также специалисты выделяют ритмичность ходьбы (отношение длительности фаз переноса одной и другой ноги человека) и скорость ходьбы (считается количество больших шагов за единицу времени). Скорость ходьбы обычно измеряется в следующих единицах: километры в час или шаги в минуту (для взрослого человека примерно 113 шагов в минуту) [18].

В зависимости от того, где расположен центр тяжести тела человека происходит движение человека в пространстве. Общий центр тяжести тела может быть сформирован посредством последовательного сложения центров тяжести каждой части тела. Если обратиться к знаниям из области физики – тело человека находится под действием нескольких параллельных сил. Для нахождения равновесия нужно найти равнодействующую любых двух из этих сил и сложить ее с третьей силой, а к общей равнодействующей от сложения трех сил прибавить четвертую и т.д. Таким образом, для нахождения равнодействующей всех сил, необходимо произвести последовательное сложение ряда параллельных сил, оказывающих действие на тело. По величине равнодействующая всех сил будет равна их сумме. Она будет представлять из

себя полную силу притяжения со стороны Земли, приложенную к определенной точке тела человека. Данную точку приложения равнодействующей всех сил называют центром тяжести тела.

Нужно учитывать и тот факт, что тело способно сохранять состояние равновесия только в том случае, если вертикальная ось его общего центра тяжести проходит внутри площади опоры тела. В иной ситуации, при которой данная вертикальная ось центра тяжести проходит за пределами площади опоры тела, тело упадет из-за потери равновесия. Поэтому более устойчивое положение тела достигается тогда, когда площадь опоры больше, и общий центр тяжести располагается ближе к центральной линии центра тяжести и центральной точке площади опоры. Когда человек носит обувь на жесткой подошве (особенно на широком каблуке), его ноги приобретают большую устойчивость благодаря увеличению площади опоры.

Если рассматривать тело человека по вертикальной оси, то общий центр тяжести располагается ниже мыса крестца примерно на 1 – 3 сантиметра. При этом у женщин и у мужчин центр тяжести располагается по-разному. У мужчин он, как правило, находится ниже, чем у женщин. На расположение центра тяжести влияет косная основа, возраст, жировой слой и развитие мускулатуры.

Передвижение человека в вертикальном положении не очень устойчиво вследствие того, что площадь опоры достаточно мала, а общий центр тяжести тела при этом располагается довольно высоко. Из-за этого человек способен сохранять устойчивое равновесие не во всех положениях своего тела. На способность удерживать равновесие большое влияние оказывает последовательность и скорость сокращения мышц, изменяющих положения головы, туловища или конечностей, влияющие на расположение общего центра тяжести тела [19].

### **1.1.5 Биомеханика ходьбы**

Раздел медицины, изучающий ходьбу при наличии разнообразных заболеваний, называется клинической биомеханикой. При этом спортивная биомеханика изучает ходьбу как средство, позволяющее достичь высоких спортивных результатов и повысить уровень физической подготовки. Также детальным исследованием процесса ходьбы занимаются специалисты, относящиеся к военному делу, балетному и театральному искусству, компьютерной биомеханике.

Следует отметить, что все науки, так или иначе связанные с биомеханикой, в качестве объекта исследований выбирают процесс ходьбы физически здорового человека, которому при этом должны быть обеспечены естественные условия.

В ходе различных исследований процесс ходьбы рассматривается с точки зрения единства всех нейрофизиологических и биомеханических процессов. Данные процессы во многом определяют правильную работу локомоторной системы человеческого тела [20].

В составе биомеханической структуры ходьбы рассматривают следующие подструктуры:

- пространственную;
- временную;
- кинематическую;
- динамическую;
- иннервационную.

Пространственную структуру (длина шага, база шага, угол разворота стопы) находят в результате проведения ихнометрии. Она позволяет регистрировать в пространстве точки соприкосновения стопы и опоры.

Изучение временной структуры ходьбы становится возможным благодаря изучению результатов подографии. В результате этого процесса происходит регистрация моментов соприкосновения между различными

разделами стопы и опорной поверхностью. Посредством глубокого анализа моментов соприкосновения определяется временная фаза шага.

При изучении кинематики ходьбы специалисты прибегают к использованию целого ряда различных датчиков (контактных и бесконтактных). При помощи этих датчиков проводятся измерения углов в суставах человеческого тела (гониометрия) [21]. С течением времени большую роль в изучении кинематики ходьбы стали играть гироскопы.

При изучении динамических характеристик ходьбы специалистами активно используются специальные тензометрические стельки или силовые (динамографические) платформы. Во время использования динамографической платформы происходит регистрация вертикальной реакции опоры в совокупности со всеми ее горизонтальными составляющими. Для определения давления, оказываемого на опорную поверхность со стороны отдельных участков стопы, применяют вмонтированные в обувную подошву тензодатчики (датчики давления).

Иннервационный и биомеханический анализ ходьбы проводится на основе результатов применения метода электромиографии. Этот метод позволяет определить физиологические параметры ходьбы и основывается на регистрации биопотенциалов мышц.

### **1.1.6 Кинематика ходьбы**

Во время кинематического анализа ходьбы, сначала находят перемещения общего центра тяжести тела и угловые перемещения в суставах стопы и в крупных суставах нижних конечностей.

При кинематическом анализе движения сегментов тела регистрируются благодаря как контактными, так и бесконтактными методами. Исследуются угловые и линейные перемещения, ускорение и скорость.

Основными методами исследования являются: гониометрия, циклография и метод проведения оценки движений сегмента тела с применением гироскопа.

Гониометрия регистрирует изменения угла ноги прямым методом с использованием специальных угловых датчиков, а также неконтактным методом (по данным, полученным благодаря анализу циклограммы).

Циклографии позволяет проводить регистрацию изменения координат светящихся точек тела в системе координат.

Помимо этого, для исследований применяются акселерометры и гироскопы. Гироскоп регистрирует углы поворота сегмента тела, к которому он прикреплен, вокруг одной из осей вращения, условно называемой осью отсчета. Как правило, гироскопы применяются для оценки движений плечевого пояса и таза, при этом происходит последовательная регистрация направлений движения в трех анатомических плоскостях – во фронтальной, в горизонтальной и сагиттальной.

При помощи оценки результатов можно в любой момент шага определить угол поворота плечевого пояса и таза в сторону, назад или вперед, а также поворот вокруг продольной оси. Для проведения специальных исследований применяются акселерометры, позволяющие измерить тангенциальные ускорения голени.

В рамках исследований ходьбы применяются биомеханические дорожки, покрытые электропроводным слоем.

Также важная информация получается посредством проведения традиционных в биомеханике циклографических исследований, которые, как известно, основаны на регистрации координат светящихся маркеров, находящихся на теле человека, с помощью метода видео- и кинофотосъемки.

### **1.1.7 Динамика ходьбы**

В настоящее время отсутствует доступная для массового использования методика измерения момента силы сустава, сухожилия или живой мышцы. Поэтому нет возможности исследовать динамику ходьбы при помощи прямого измерения силы, продуцируемой работающей мышцей. Однако, прямой метод, заключающийся в имплантации датчиков давления и силы непосредственно в

сухожилие или мышцу, все-таки применяется в рамках специальных лабораторных исследований. Также при использовании датчиков в эндопротезах суставов и протезах нижних конечностей осуществляется прямой метод исследования вращающих моментов.

В основном, представление о силах, оказывающих воздействие на человека в процессе ходьбы, получают или в рамках определения усилий в центре масс тела, или за счет регистрации опорной реакции.

На практике силу мышечной тяги при циклических движениях можно оценить, решив задачу по обратной динамике. То есть, при известном значении скорости и ускорения движущегося сегмента, а также его массы и центра масс, мы способны вычислить силу, вызывающую движение, исходя из второго закона Ньютона (действующая сила прямо пропорциональна ускорению и массе тела).

Реальная сила при ходьбе, которую можно измерить – сила реакции опоры. Сопоставление кинематики шага и силы реакции опоры позволяет провести оценку величины момента вращения сустава. Расчет момента вращения мышцы производится, исходя из сопоставления биоэлектрической активности мышц, точек приложения реакций опоры и кинематических параметров.

Сила опорной реакции состоит из вертикальной составляющей, действующей в направлении вниз-вверх, продольной составляющей, направленной назад-вперед по оси  $Y$ , и поперечной составляющей, направленной латерально-медиально по оси  $X$ . Эти составляющие являются производными от сил мышц, сил гравитации и сил инерции тела.

### **1.1.8 Виды походки**

Гемиплегическая походка развивается у людей, страдающих от спастического гемипареза. На более поздних стадиях заболевания отмечается изменение положения конечностей. В таком случае плечо больного приведено и повернуто во внутреннюю сторону, рука согнута в локтевом суставе, запястье

и пальцы руки также согнуты. При этом нога разогнута в голеностопном и коленном суставе, тазобедренный сустав также разогнут. В случае, когда больной делает шаг пораженной ногой, отмечается отведение тазобедренного сустава. После этого наблюдается круговое движение бедра, сопровождающееся отклонением туловища в противоположную сторону [22]. Именно гемиплегическая походка часто встречается у людей, переживших инсульт.

При наличии парапаретической походки человек испытывает значительные трудности при ходьбе. Ноги переставляются напряженно и медленно, характерно наличие круговых движений по аналогии с гемипарезом. Большинство больных перекрещивает ноги в процессе ходьбы, подобно ножницам [23]. Парапаретическая походка развивается при детском церебральном параличе, а также является результатом поражения спинного мозга.

Недостаточное тыльное сгибание стопы характерно при наличии петушиной походки. При попытке сделать шаг вперед отмечается частично или полное свисание стопы, по причине чего человек вынужден высоко поднимать ногу, для того чтобы свисающие пальцы не касались пола [24].

При петушиной походке выделяют двустороннее и одностороннее нарушение. Двустороннее наблюдается у людей, страдающих от пояснично-крестцовой радикулопатии и полинейропатии. У больных нейропатией малоберцового нерва или седалищного нерва и пояснично-крестцовой радикулопатией наблюдается одностороннее нарушение [25].

Утиная походка провоцируется слабостью проксимальных мышц ног, что в свою очередь является характерным осложнением при миопатии. В более редких случаях утиная походка может стать результатом спинальной амиотрофии или поражения нервно-мышечных синапсов. Для данного нарушения характерна следующая особенность движения: в процессе ходьбы отрыв ноги от опорной поверхности происходит благодаря наклону туловища, вызванному в свою очередь слабостью сгибателей бедра. Движение ноги вперед

осуществляется за счет поворота бедра. При наличии у больного двусторонней слабости проксимальных мышц ног, он передвигается переваливаясь.

Человек, страдающий от акинетико-ригидной походки, все время находится в согбенном состоянии. Руки больного согнуты в локтевых суставах и плотно прижаты к телу, ноги согнуты в коленных суставах. При акинетико-ригидной походке нередко в качестве сопутствующего нарушения выступает пронационно-супинационное дрожание покоя [26].

В начале ходьбы человек наклоняет свое тело вперед, в процессе движения наблюдаются шаркающие, семенящие шаги. Больной постепенно разгоняется, скорость шагов неуклонно увеличивается. Подобное изменение скорости объясняется смещением центра тяжести больного, его туловище как бы опережает ноги.

Апраксическая походка, как правило, является результатом двустороннего поражения лобной доли. Её развитие вызвано потерей у больного способности к планированию и реализации ряда последовательных действий [27]. Данный тип походки чем-то схож с паркинсонической. Для него характерно наличие таких же коротких семенящих шажков, а также позы просителя. Но несмотря на общие черты, с течением времени специалистам удалось выявить целый ряд существенных различий. Человек, страдающий от апраксического нарушения походки, способен выполнять одиночные движения, совершаемые в процессе ходьбы. Но при попытке пройти, перед началом движения больной выдерживает длительную паузу. Наконец, начав движение, он замирает, сделав всего лишь пару шагов. После чего снова следует длительная пауза, предшествующая непродолжительному движению.

Данная особенность движения, как уже говорилось ранее, вызвана потерей способности к планированию и реализации ряда последовательных действий.

У человека, страдающего от нарушений ритма при ходьбе, фиксируется наличие хореоатетозной походки. Данное нарушение происходит из-за наличия

у больного периодических резких, насильственных движений. Тазобедренный сустав движется хаотично, вследствие чего походка выглядит разболтанной.

Для человека, страдающего от мозжечковой походки характерно постоянное изменение длины и скорости шагов. При этом в процессе ходьбы больной расставляет ноги значительно шире, чем здоровый человек.

Атаксия ног и "пьяная" походка характерна для людей, страдающих от такого заболевания, как поражение медиальной зоны мозжечка. При этом больной без особых проблем способен удерживать равновесие в состоянии покоя (как с закрытыми, так и с открытыми глазами). Однако его чувство равновесия пропадает, когда он пытается поменять свою позу. Походка при наличии поражения медиальной зоны мозжечка может быть быстрой, но при этом она не отличается ритмичностью. Человек, страдающий от этого заболевания, часто в процессе ходьбы начинает чувствовать неуверенность.

Неуверенность проходит, если удастся обеспечить больному хотя бы легкое подобие поддержки. Нередко при поражении полушарий мозжечка у пациента наблюдается не только нарушение походки, но и локомоторная атаксия, сопровождающаяся нистагмом.

Очень много общего с мозжечковой походкой имеет походка, свойственная людям, живущим с сенсорной атаксией. Как и при мозжечковой походке в процессе ходьбы человек широко ставит ноги и склонен терять равновесие при попытке изменить свою позу. Ключевое отличие походки при сенсорной атаксии заключается в том, что больной теряет способность держать равновесие, как только закрывает глаза.

Походка при истерии. Астазия является типичным нарушением походки при истерии. При этом у больного сохранены согласованные движения ног - как сидя, так и лежа, но он не способен стоять и передвигаться при отсутствии посторонней помощи. Если человека отвлечь, он сможет держать равновесие и сделать пару нормальных шагов, но после демонстративно упадет на кровать или в руки врача.

## **1.2 Методы распознавания базовых признаков походки**

Наиболее распространенными подходами получения признаков походки и их классификации являются: построение признаков вручную и обучение признаков. Первый способ предполагает определение свойств бинарных масок, полученных при помощи обработки силуэта человека либо детальное исследование кинетических показателей, таких как: взаимное расположение суставов, относительных расстояний и скоростей.

Второй способ характерен для искусственных нейронных сетей, которые набирают всё большую популярность в решении многих задач, связанных с компьютерным зрением, например, такими как визуальный трекинг, классификация объектов на видео, сегментация изображений и т.д.

Но какими бы успешными не были методы глубинного обучения, в настоящее время наилучшего результата достигают именно неглубокие алгоритмы. Технологии не стоят на месте и в ближайшем будущем всё может резко измениться. А потому оба глобальных подхода достойны подробного рассмотрения.

### **1.2.1 Бинарные силуэты человека**

Изображения энергии походки (Gait Energy Image, GEI [28]) в настоящий момент является самой распространенной характеристикой походки. Эти изображения представляют собой усредненные по одному циклу походки бинарные маски силуэта движущегося человека. Обычно они характеризуют частоты нахождения человека в той или иной позе во время движения. Такой подход лег в основу множества других методов распознавания походки человека, например распознавание по изображениям энтропии походки [29], где вместо усреднения силуэтов вычисляется энтропия каждого пикселя, или по дискретному преобразованию Фурье набора силуэтов [30].

### **1.2.2 Поза человека**

Еще один распространенный подход – это на исследовать позу человека (положение ключевых точек фигуры – основных частей тела и суставов) в каждом полученном кадре. Так, в работе [31] на раскадровке непосредственно оценивается скелет человека и исследуется движение ключевых точек: определяется скорость и период походки, относительные углы между точками тела, траектория коленей, бедер и лодыжек. Лу [32] в своем подходе предлагает многослойную деформируемую модель, характеризующую форму и динамику частей тела человека: их относительные размеры, позицию и ориентацию.

### **1.2.3 Нейросетевые подходы**

Сверточные нейронные сети давно обосновались на вершине походов во всех задачах компьютерного зрения и в том числе для распознавании походки.

В некоторых работах в качестве основного источника информации используют кадры из видео – их подают на вход нейросети. Как и для смежной задачи распознавания действий [33], классификация по отдельным кадрам дает удовлетворительный результат. Однако во многих подходах основное внимание уделяется именно движению фигуры человека.

Второй и наиболее популярный источник информации, на основе которого происходит обучение сетей, – бинарные маски силуэтов, о которых уже шла речь при рассмотрении неглубоких методов. В простейшем случае [34] сверточная архитектура обучается по отдельным силуэтам предсказывать человека, которому этот силуэт принадлежит. В методе [35] двухэтапный алгоритм сначала определяет угол съемки видео, а потом по изначальным данным и найденному углу предсказывает человека.

### **1.2.4 Базы данных для распознавания человека по походке**

Базы OU-ISIR Large Population Dataset [36] и TUM-GAID [37] являются самыми распространенными наборами данных для идентификации человека по походке. OU-ISIR – состоит из видеопоследовательностей для 4000 человек,

снятых двумя камерами (ракурс съемки плавно изменяется от 55° до 85°) и потому применяется для многоракурсного распознавания. В Базе TUM все съемка всех видео велась под углом 90°. Более того, она гораздо меньше предыдущей используется для распознавания сбоку. Несмотря на это, ее можно применить для большого количества подходов, потому что она состоит из полноценных цветных видео. Также в этой базе содержатся данные, снятые с разницей в полгода. Благодаря этому можно реализовать проверку устойчивости алгоритмов к изменениям походки со временем.

Для оценки качества алгоритмов на этих базах модель настраивают на некоторой части данных (как правило, это все видео для некоторого подмножества людей), а после тестируют на другом наборе данных, который состоит из видео для других людей.

*Таблица 1. Результаты распознавания видео на базе TUM-GAID*

Метод	Точность
Zhang [34]	97.7%
Castro, SNN+ SVM [38]	98.0%
Marín. Jiménez [39]	98.9%
Castro, дескрипторы Фишера [40]	99.2%

В таблице 1 приведены результаты распознавания на базе TUM-GAID. Следует отметить, что наибольшую точность даёт единственный метод [40], который не использует в своей работе нейронные сети. Это говорит о том, что неглубокие подходы всё еще не вытеснены нейросетевыми.

Более сложным испытанием для алгоритмов идентификации человека оказывается ситуация, когда между съемками видео проходит длительный период времени. Как правило, качество таких экспериментов остается невысоким. В таблице 2 приведены результаты соответствующих исследований. Падание точности каждого из алгоритмов составляет порядка

30% и можно утверждать, что сейчас алгоритмы ещё плохо реагируют на разницу во времени съемки.

*Таблица 2. Результаты распознавания видео, на базе TUM-GAID, снятых в разные дни*

Метод	Точность
Castro, CNN + SVM [38]	59.4%
Marín. Jiménez [39]	63.6%
Castro, дескрипторы Фишера [40]	60.4%

Задача идентификация человека по походки не теряет своей актуальности и по сей день: большинство существующих решений всё еще не достигли необходимой точности и не позволяют создать совершенную модель. Связано это с многообразием условий, которые влияют на захват процесса движения человека, отсутствием универсальных наборов данных, в которых содержалось бы максимально возможное число вариантов походки.

## **ГЛАВА 2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ И ПАРАМЕТРОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОХОДКЕ**

### **2.1 Описание разработки**

Основная идея проекта – идентификация человека по его походке. Итоговый программный продукт должен иметь простой и понятный пользовательский интерфейс с возможностью просмотра и добавления данных о конкретном человеке, модуль распознавания личности по походке на основе заранее подготовленных данных, модуль накопления данных, необходимое техническое обеспечение.

Цель на данном этапе работы над проектом разработать программное обеспечение, которое будет разбивать видеофайл на отдельные кадры, выделять фигуру шагающего человека – выделение динамического объекта на статическом фоне, производить обработку и представлять полученные данные в графическом виде. Таким образом будет реализован базовый функционал модуля накопления данных о походке.

В дальнейшем, по полученным данным можно проводить глубокий анализ параметров походки человека, выделять наиболее уникальные и используя методы машинного обучения разработать программу, которая по полученным данным сможет идентифицировать личность с определенной точностью.

#### **2.1.1 Структура проекта**

Структуру проекта представлена на рисунке 5. Основная часть заключается в двух модулях – система идентификации и модуле накопления данных. Реализации последней будет описана далее, так как является основной разработкой в данной работе. В общем случае, работу системы идентификации по походке можно описать так: видеозапись о походке человека записывается

по специальной методике и отправляется оператором в базу данных, предварительно происходит обработка видеозаписи.

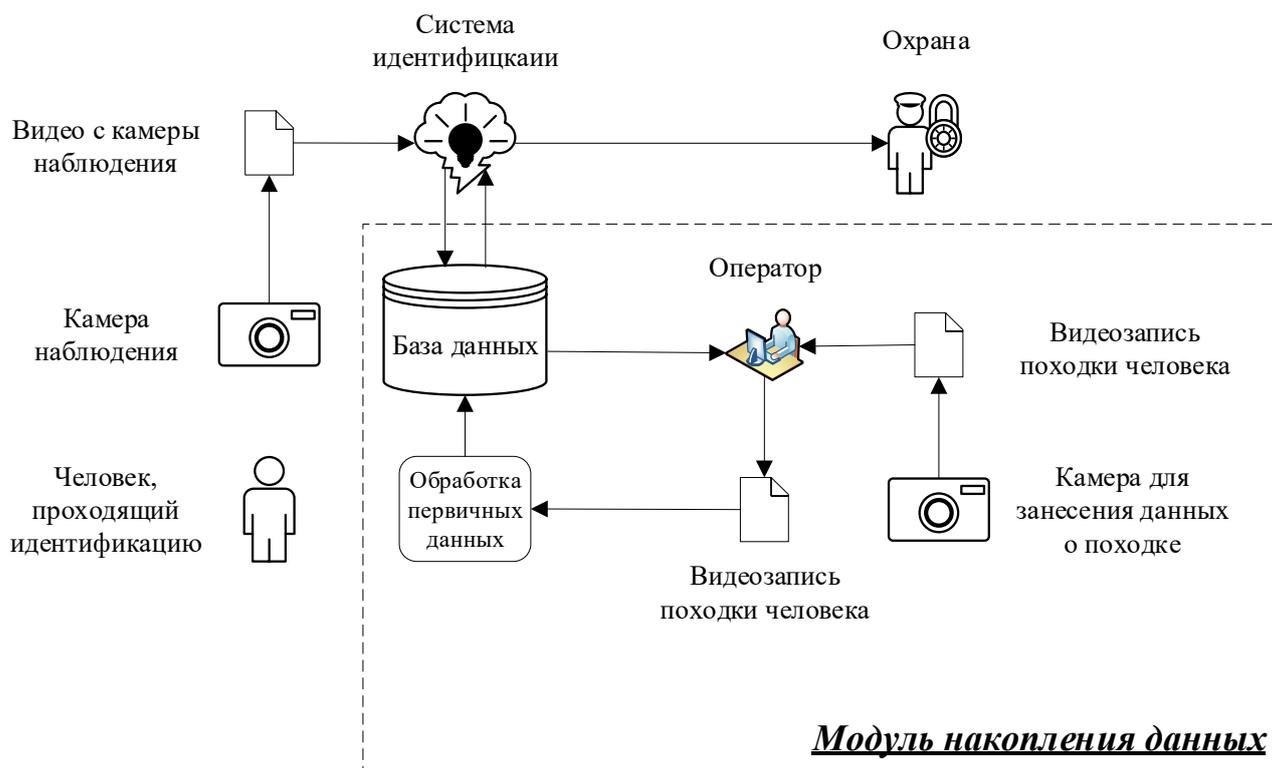


Рисунок 5 – Структура проекта

При необходимости, оператор может проанализировать полученные данные во избежание ошибок. Затем, на основе полученных данных система идентификации на основе нейросетевых алгоритмов обновляет свои параметры и, при необходимости будет способна идентифицировать человека.

### 2.1.2 Модуль накопления данных

Основной целью проекта является разработка модуля по накоплению биометрических данных о походке человека. В рамках научно-исследовательской практики была разработана структура всего модуля, представленная на рисунке 6.

Входными данными для модуля накопления данных будет служить видеофайл, который будет разбиваться на кадры, а затем от статического фона будет отделяться движущийся объект (в нашем случае – человек).

Выходными данными модуля будут выделенные числовые параметры походки для конкретного человека.

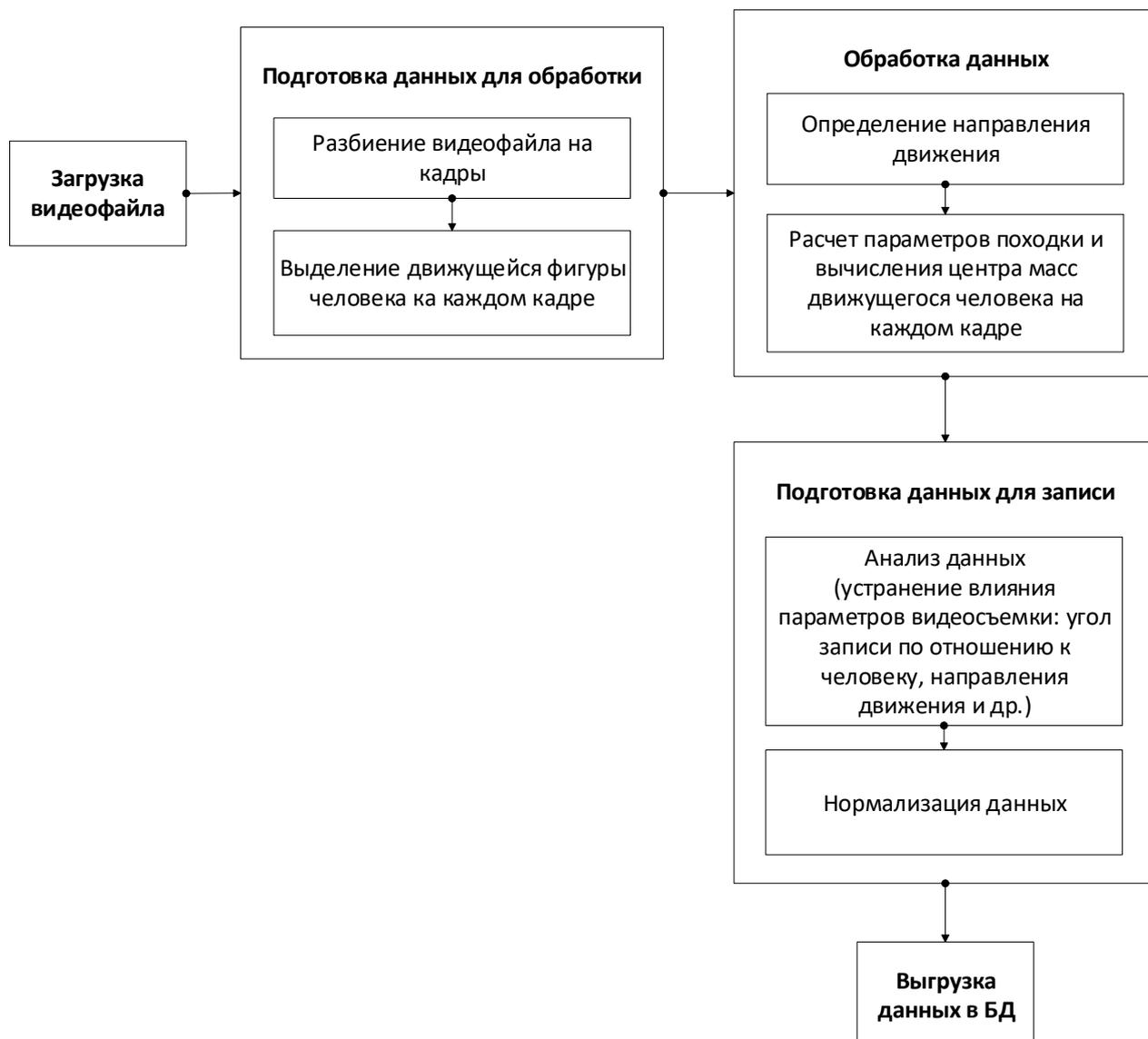


Рисунок 6 – Структура модуля накопления данных о походке идентифицируемого человека

### 2.1.3 Разработка сценария съемки

Методика записи данных о походке можно описать следующим образом (рис. 7):

1. На втором этапе человек перемещается из положения 1 в положение 2
2. Далее человек разворачивается и идет в обратном направлении.
3. При необходимости (если не удалось записать данные), шаги 2 и 3 повторяются.

Исследование можно разбить на три основных этапа:

1. Загрузка исходных данных.
2. Подготовка данных: разбиение видеофайла на кадры, выделение объекта (бинаризация изображения).
3. Сохранение выходных данных.

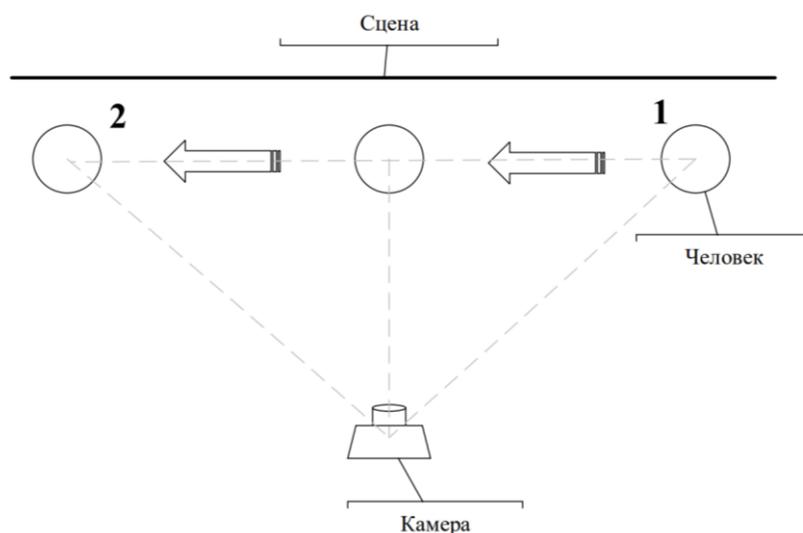


Рисунок 7 – Схема записи биометрических данных о походке

## 2.2 Алгоритмы выделения движущегося объекта

Отделить объект от фона можно разными методами. В настоящее время существует множество алгоритмов для этой цели. Их способность функционировать и выдавать необходимый результат зависит от входных данных. Рассмотрим классификацию существующих алгоритмов.

Самая простая и в то же время масштабная классификация основана на типе входных данных. Будем считать, что на вход подается последовательность изображений, так как если на вход подается видеофайл, то он преобразуется к последовательности кадров. Изображение содержит интересующий нас объект и фон - задний план, на котором располагается объект. Совокупность объекта и фона составляет сцену (рис. 8).

Каждая составляющая сцены может находиться в одном из двух состояний: динамическом или статическом.

Отсюда вытекает следующая классификация алгоритмов выделения объекта:

- Алгоритмы выделения статического объекта на статическом фоне.
- Алгоритмы выделения статического объекта на динамическом фоне.
- Алгоритмы выделения динамического объекта на статическом фоне.
- Алгоритмы выделения динамического объекта на динамическом фоне.

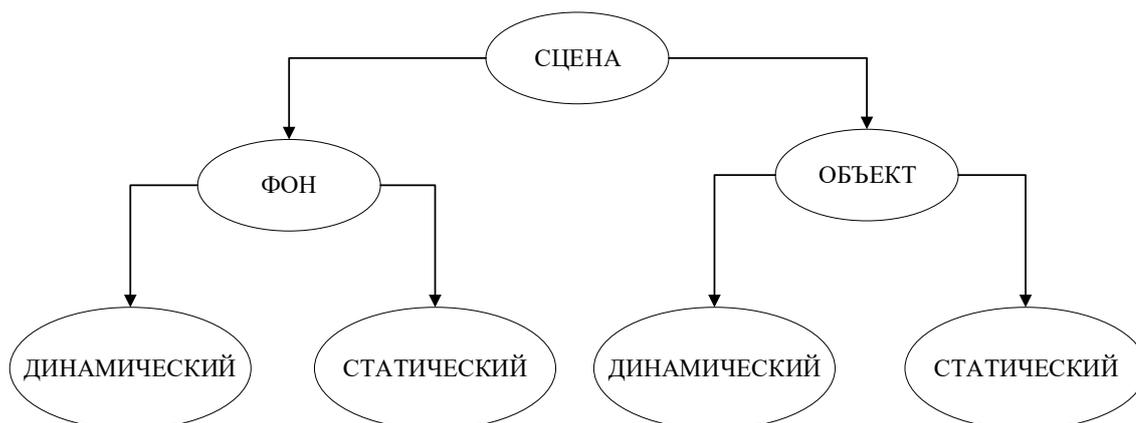


Рисунок 8 – Состояния составляющих сцены

Эти алгоритмы используют принципиально разные подходы к решению задачи. Так, если объект и фон находятся в разных состояниях, то для определения положения объекта на сцене чаще всего используют сравнение двух последовательных кадров. Если же они находятся в одинаковых состояниях, то необходимо использовать заранее известную световую или цветовую маску интересующего объекта, по которой можно будет найти его на сцене и отделить от фона.

Кроме того, классифицировать алгоритмы выделения объекта можно на основе способа обработки изображения:

- попиксельные алгоритмы
- поблочные алгоритмы
- алгоритмы, основанные на минимизации функционала энергии по всему изображению.

Попиксельные алгоритмы обрабатывают все точки изображения независимо. Обычно вначале они строят цветовую модель фона и во время работы оценивают, насколько текущий цвет пикселя ей соответствует. Подобные методы чаще всего обладают достаточно высокой скоростью работы, однако чувствительны к шуму и не учитывают связанность разметки (среди большинства пар соседних пикселей либо оба принадлежат фону, либо переднему плану) [41].

Поблочные алгоритмы обрабатывают независимо не отдельные пиксели, а группы пикселей, объединенные в блоки. Несмотря на то, что использование таких методов позволило в некоторых случаях достичь высокой скорости работы, подобный подход даже теоретически не позволяет добиться идеальной точности, т.к. к фону либо переднему плану относится сразу весь блок пикселей. Если блок содержит границу, то в таких областях граница объекта определяется заведомо неточно [42].

Алгоритмы, основанные на минимизации функционала энергии по всему изображению, позволяют использовать информацию со всего изображения в совокупности, включая информацию о градиенте яркости между соседними пикселями. Такой подход позволяет учесть и то, что граница объекта чаще разделяет пиксели, которые сильно различаются по цветам, чем те, что наоборот похожи по цвету. За счёт учета пикселей в совокупности методы оказываются менее чувствительными к шуму в изображении, чем попиксельные методы, и дают большую точность, чем поблочные методы. Недостатком методов на основе функционала энергии является низкая скорость работы, определяемая низкой скоростью методов минимизации энергии [43].

### **2.2.1 Бинаризация по порогу**

Метод бинаризации по порогу позволяет выделить статический объект на статическом фоне без использования особой маски. В роли маски будет выступать порог, который необходимо выбрать, опираясь на формат изображения [44]. Например, для RGB изображения и изображения в градациях

серого порогом является значение цвета. Суть метода состоит в том, что все пиксели фильтруются по выбранному порогу. Выбор порога, по которому происходит бинаризация, во многом определяет процесс самой бинаризации. На уровне фильтрации анализ изображения не производится, но точки, которые проходят фильтрацию, можно рассматривать как области с особыми характеристиками, то есть их можно считать объектами. Очевидно, что этот метод может выделить объекты только в идеальных задачах. Например, если порогом является значение цвета, то темные объекты, находящиеся на белом фоне (или наоборот) с помощью этого алгоритма выделить возможно. Обычно бинаризация осуществляется с помощью алгоритма, который адаптивно выбирает порог. Таким алгоритмом может быть, например, выбор математического ожидания. Также можно выбрать наибольший пик гистограммы.

### **2.2.2 Фильтрация контуров**

Фильтрация контуров основывается на одном из базовых свойств сигнала яркости – разрывности. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски, называемой также фильтром, ядром, окном или шаблоном, которая представляет собой некую квадратную матрицу, соответствующую указанной группе пикселей исходного изображения.

Элементы матрицы принято называть коэффициентами [45]. Оперирование такой матрицей в каких-либо локальных преобразованиях называется фильтрацией или пространственной фильтрацией (рис. 9).

Процесс основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке изображения; в каждой точке  $(x, y)$  отклик фильтра вычисляется с использованием предварительно заданных связей.

В случае линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Результат (отклик)  $R$  линейной

фильтрации в точке  $(x, y)$  изображения есть сумма произведений коэффициентов маски на значения пикселей непосредственно под маской.

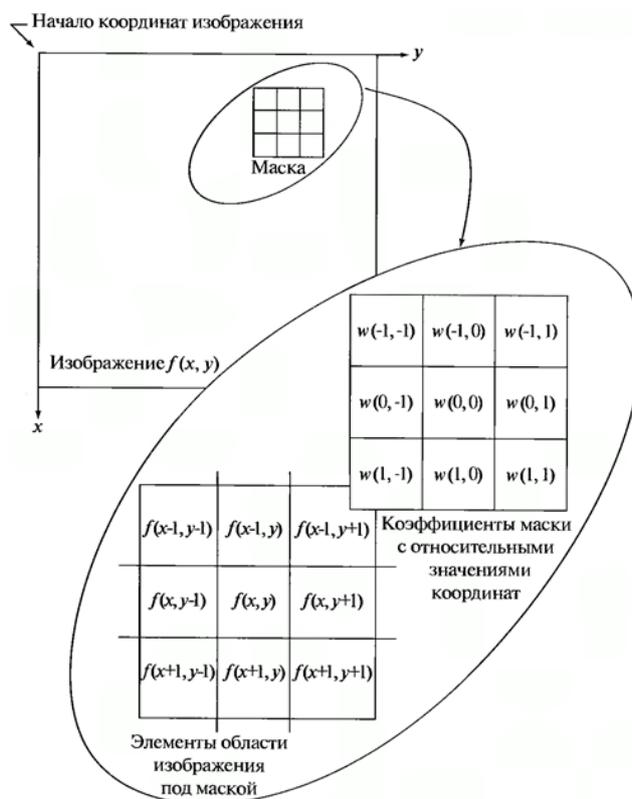


Рисунок 9 – Схема пространственной фильтрации

При обнаружении перепадов яркости используются дискретные аналоги производных первого и второго порядка. Важную роль при обнаружении контуров играет модуль вектора градиент. Эта величина равна значению максимальной скорости изменения функции  $f$  в точке  $(x, y)$ . Направление вектора градиента также является важной характеристикой. Как известно из курса математического анализа, направление вектора градиента совпадает с направлением максимальной скорости изменения функции  $f$  в точке  $(x, y)$ . Используя вектор градиента, находим направление контура в точке  $(x, y)$ , которое перпендикулярно направлению вектора градиента в этой точке. А вычислить градиент изображения можно, вычислив величины частных производных для каждой точки.

### 2.2.3 Метод гауссовой смеси

Для описания статистики переменчивого фона можно использовать Метод гауссовой смеси. В процессе работы данного алгоритма создается

попиксельная модель всей сцены, в которой используются отдельно гауссовы смеси переднего плана, для фона и теней. Опираясь на время существования и дисперсии каждого гауссиана в смеси, определяется какие из них относятся к фону. Пиксели, значения которых не укладываются в фоновые распределения, считаются переднеплановыми до тех пор, пока не появится гауссиан, позволяющий с достаточной точностью отнести их к фону.

#### **2.2.4 Метод вычитания фона**

Существует множество алгоритмов вычитания фона, однако, все они имеют схожий принцип работы (рис. 10).

Основной задачей на этапе первоначальной обработки является подготовка изображений к обнаружению движущихся объектов. Результатом работы этого этапа является выделение на изображении тех его частей, которые могут принадлежать к движущимся объектам.

Самым первым шагом на этом этапе часто является уменьшение размера кадра [46]. Выполнение данной операции на самом начальном этапе дает два важных преимущества: существенное сокращение объема информации, которую необходимо обрабатывать на каждом из последующих шагов; ослабление аддитивного и импульсивного шумов на входных данных. Иначе этот шаг можно назвать переходом к усредненным значениям пикселей, поскольку значения яркости исходного пикселя заменяются усредненными значениями яркости данного пикселя и его соседей.

Результирующий пиксель будем называть минимальной зоной исходного изображения. Второй шаг на этом этапе – преобразование формата изображения. Яркость – характеристика пикселя, которая чаще всего используется при вычитании фона. Поэтому необходимо переводить видеоряд в формат, в который включается яркость.



Рисунок 10 – Схема обнаружения движущихся объектов

Метод временной разности отделяет передний план от фона при помощи попиксельного вычитания двух или более последовательных кадров. Очевидно, что методы временной разности хорошо определяют динамические изменения сцены, но обычно не могут выделить целиком все однородные пиксели одного объекта, что приводит к фрагментации выделенных объектов (часто внутри них образуются пустоты).

### 2.2.5 Адаптивный метод вычитания фона

Модификация метода «вычитания фона» работает следующим образом. В первую очередь строится модели переднего (движущейся области (объекта)) и заднего (статического фона) планов. Для того, чтобы уменьшить влияние шума и увеличить быстродействия алгоритма изображение разбивается на квадратные блоки  $S \times S$  пикселей, где  $S$  – это параметр алгоритма. Последующий анализ изображения сводится к анализу тех блоков, в которых любая характеристика блока (например, цвет) – среднее значение входящих в него пикселей. Задний план и уровень шума определяются для каждого блока в отдельности. Чтобы обновить задний план и уровень шума для конкретного блока изображения находится такая непрерывная последовательность кадров, для которой с высокой вероятностью можно сделать вывод, что в рассматриваемом блоке изображение изменяется незначительно (изображение изменяется в заданных пределах). Для выделения переднего плана анализируется каждый блок изображения. Критерий принадлежности блока к переднему плану (движущемуся объекту) зависит от того, задан ли для

конкретного блока уровень шума и задний план. Для выделения движущихся объектов на блоках с заданным уровнем шума и задним планом соответствующий блок заднего плана сравнивается с блоком в текущем кадре с учетом уровня шума. Для выделения объектов на блоках с незадаанным уровнем шума и задним планом анализируем меж кадровую разницу. Если ее значение велико, то блок с координатами принадлежит переднему плану. Далее блоки группируются в объекты, критерий группировки – пространственная близость. Для исключения выделения неподвижных объектов из переднего плана (например, выделения остановившегося человека) анализируется меж кадровая разница. В случае если ни для одного блока некоторого движущегося объекта разность яркостей на двух последних кадрах не превышает определённого порога, объект считается неподвижным и исключается из списка движущихся объектов.

### **2.3 Выбор библиотеки компьютерного зрения**

При реализации программного продукта необходимо выбрать наиболее подходящую библиотеку компьютерного зрения для обработки и анализа содержимого изображений. Основными критериями при выборе являются: подробная документация, широкие возможности, а также открытый исходный код. Наиболее распространенные инструменты для работы с обработкой изображений:

1. OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения с открытым исходным кодом. Написана на языках программирования C/C++, но, несмотря на это её можно настроить и для таких языков программирования как Python, Java, Ruby, Matlab. Библиотека обладает хорошей оптимизацией, широким функционалом, высокой скоростью работы встроенных алгоритмов. Чаще всего именно такого набора достаточно для решения довольно сложных задач, связанных с компьютерным зрением. Разработка данной библиотеки велась в целях повышения эффективности вычислений в приложениях

реального времени. Библиотека OpenCV умеет использовать все достоинства с многоядерных процессоров [47].

2. Java-библиотека для компьютерного зрения BoofCV. Преимуществами этой библиотеки являются работа с видеокамерами в реальном времени. Её инструментарий позволяет накладывать дополнительные фильтры на изображения, устранять шумы, тени и т.д. Также существуют исследования алгоритмов этой библиотеки, которые говорят о том, что они обладают отличной оптимизацией, сравнимой на C++ в OpenCV [48].

3. Фреймворк SimpleCV, написанный на языке программирования Python позволяет работать не только с изображениями, но и с видеофайлами. SimpleCV дает доступ к множеству инструментов компьютерного зрения, достаточно удобен и прост в работе, но если необходимо решать сложные задачи, то OpenCV справится лучше [49].

Для реализации программного продукта мною была использована библиотека компьютерного зрения – OpenCV. Данная библиотека подходит для работы с изображениями, так как содержит в себе большое количество алгоритмов обработки изображений. Библиотека может использоваться на различных операционных системах, даже мобильных. Так же она достаточно проста в использовании, хорошо документирована и, что немало важно, активно развивается, что делает ее более стабильной в работе.

### **2.3.1 Используемые инструменты**

Для разработки был выбран следующий набор инструментов:

- среда разработки Microsoft Visual Studio;
- язык программирования C++, C#;
- операционная система семейства Windows;
- открытая библиотека OpenCV.

## **ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ОБРАБОТКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ПОХОДКЕ**

### **3.1 Загрузка исходных данных**

Первым этапом является предварительная обработка. Она позволяет получить из видеофайла бинарные изображения, которые будут основой для проведения следующего этапа обработки. В результате мы получим набор последовательных бинарных изображений с выделенной фигурой человека.

Для реализации данного этапа был выбран метод гауссовой смеси, реализованный в библиотеке OpenCV. На вход поступает видеофайл (используется модуль `opencv_highgui`, который включает в себя функции для ввода/вывода изображений и видео).

#### **3.1.1 Подготовка данных к работе**

Из видеозаписи необходимо получить набор последовательных кадров, который необходимо подготовить к последующей обработке. Подготовка зависит от выбранного метода выделения объекта. При необходимости изображения могут быть конвертированы в другое цветовое пространство или формат, уменьшены в размере, сжаты или растянуты. В результате получаем набор последовательных кадров, готовый к выделению объекта.

Задействованные модули библиотеки OpenCV:

- `opencv_core` — отвечает за базовую функциональность. В нём содержатся базовые структуры, вычисления (математические функции, генераторы случайных чисел) и линейная алгебра и т. д.
- `opencv_video` — производит анализ движения и отслеживание объектов (оптический поток, шаблоны движения)
- `opencv_objdetect` — отвечает за обнаружение объектов.

В результате на выходе имеем обработанные данные в виде последовательности кадров, содержащие выделенный объект.

### 3.2 Выделение объекта

На данный момент приложение реализовано в виде классической консоли. На вход подаётся видеофайл, который разбивается на кадры и отделяет движущегося человека от фона. На рисунке 11 представлено окно приложения. В первой строке указано название видеофайла, во второй – метод обработки, а все последующие строки представляют собой последовательность кадров, на которые разбивается исходный видеофайл.

```
[i] file: katkov_home.mp4
MixtureOfGaussianV1BGS()
katkov_home//picture_0.png
katkov_home//picture_1.png
katkov_home//picture_2.png
katkov_home//picture_3.png
katkov_home//picture_4.png
katkov_home//picture_5.png
katkov_home//picture_6.png
katkov_home//picture_7.png
katkov_home//picture_8.png
katkov_home//picture_9.png
katkov_home//picture_10.png
katkov_home//picture_11.png
katkov_home//picture_12.png
katkov_home//picture_13.png
katkov_home//picture_14.png
katkov_home//picture_15.png
katkov_home//picture_16.png
katkov_home//picture_17.png
```

Рисунок 11 – Процесс обработки видео внутри разработанного приложения

Пример результата обработки выходного видеофайла приведен на рисунке 12: сверху – входной кадр, снизу – выходной кадр.

Следует обратить внимание на то, что на бинаризованном изображении видны помехи, вызванные нарушением условий съемки, которые были описаны выше. На данной записи свет падает, обои имеют эффект отражения, а от окна отбрасывается тень, которая добавляет дополнительный силуэт. Это связано с тем, что в рамках режима самоизоляции было непросто организовать домашнюю «фотостудию» для записи данных о походке. Для записи была использована камера смартфона Xiaomi Mi9 на базе ОС Android.

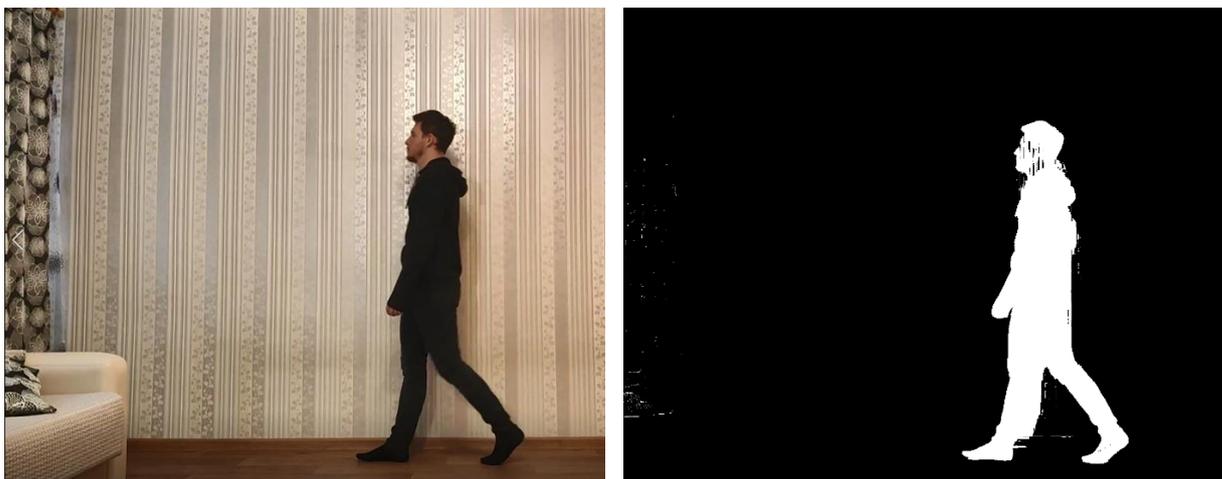


Рисунок 12 – Бинаризация изображения

Были предприняты меры по улучшению условий съемки (рис. 13), такие как: контрастная (черная) одежда по отношению к (белому) фону, увеличение источников света для минимизации тени, отбрасываемой от окна комнаты, снижение частоты записи кадров с 60 до 30 кадров/сек.



Рисунок 13 – Условия съемки

Благодаря этому удалось достичь некоторого прироста в качестве получаемого изображения.

В результате был получен набор последовательных бинарных изображений (рис. 14), которые уже находятся внутри файловой системы и готовы для передачи в следующий блок обработки.

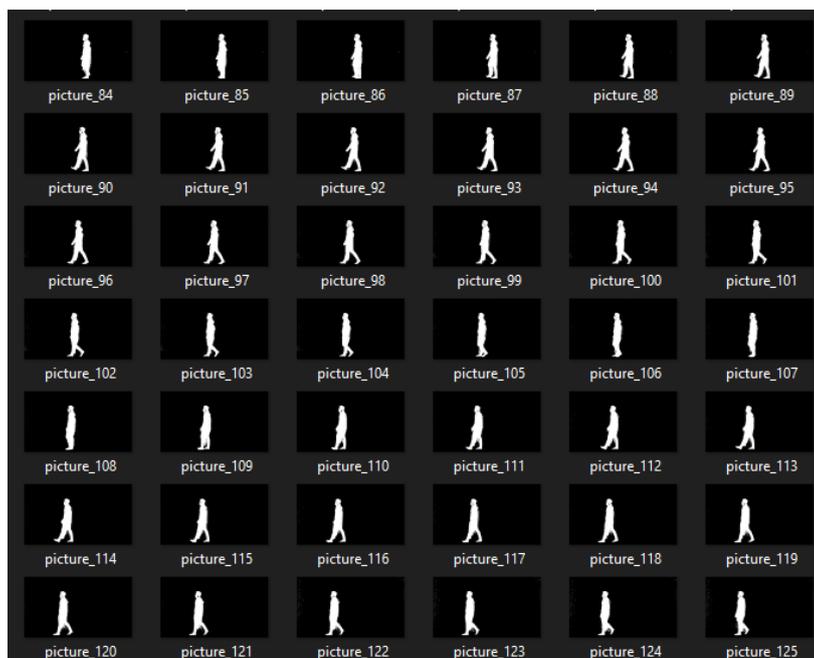


Рисунок 14 – Пример разбиения видеофайла на кадры

### 3.3 Извлечение данных из подготовленных кадров

Подготовленные на предыдущем этапе бинарные изображения несут в себе полезную информацию о походке, которую мы можем извлечь. Для этого необходимо на определить фигуру человека на изображении, выделить ее и извлечь параметры походки человека: направление движения, ширину шага, симметрию шага. С помощью специальных функций библиотеки OpenCV можно определить контур человека и поместить его в прямоугольник (рис. 15).



Рисунок 15 – Определение контура человека

Так как человек перед камерой ходит от одного края съемки до другого, важно фиксировать направление, в котором движется человек [50]. Для этого можно применить простой подход (рис. 16).



Рисунок 16 – Движение человека по сцене

Алгоритм определения направления движения человека в кадре каждый раз находит центр блока, в который вписана фигура человека (точки  $E$ ,  $D$  при движении справа налево и  $C$ ,  $B$  при движении слева направо). Тогда достаточно легко определить направление движения человека. Необходимо проверить условие, что если разность расстояний от предыдущего кадра до края сцены и текущего кадра до этого же края сцены больше нуля, то человек идет по направлению к этому краю сцены. Например, если мы рассмотрим первый вариант на рисунке 16 и будем проводить расчеты относительно левого края сцены, то получим, что разность между  $AB$  и  $AC$  меньше нуля, а значит, что человек идет в противоположенное направление относительно рассматриваемого края сцены. Необходимо учитывать и то, что человек не поворачивает на середине пути, а проходит весь маршрут полностью.

Для получения параметров движения человека можно следующие методы:

1. Определение центра тяжести тела во время ходьбы:
  - по центру масс фигуры;
  - по углу диагонали прямоугольника, описанного вокруг фигуры человека;
2. Вычисление изменения длины шага человека во время ходьбы.

При определении центра тяжести тела во время ходьбы по центру масс необходимо вычислить координаты центра тяжести тела для каждого полученного изображения, используя следующие формулы (3.1, 3.2):

$$x_c = \frac{\sum_i \sum_j x_i I(x_i, y_i)}{\sum_i \sum_j I(x_i, y_i)}, \quad (3.1)$$

$$y_c = \frac{\sum_i \sum_j y_i I(x_i, y_i)}{\sum_i \sum_j I(x_i, y_i)}, \quad (3.2)$$

где  $I(x_i, y_i)$  – это цвет пикселя (1 – черный, 0 – белый).

Используя координаты центра тяжести, находим центр масс ( $M$ ) по формуле 3.3:

$$M_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2}. \quad (3.3)$$

Для определения центра тяжести вторым способом проведем диагональ в прямоугольнике, в который вписана фигура человека. После этого, определим угол между катетом и гипотенузой полученного прямоугольного треугольника на каждом кадре (рис. 17):

$$\alpha = \arctan\left(\frac{w}{h}\right), \quad (3.4)$$

где  $w$  – это ширина прямоугольника,  $h$  – его высота.

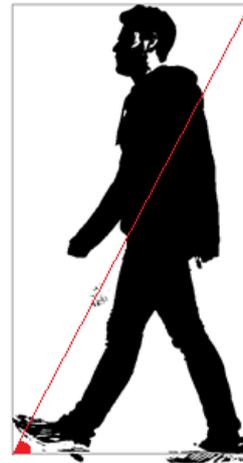


Рисунок 17 – Определение центра тяжести по диагонали  
прямоугольника

Координаты прямоугольника, в который вписана фигура человека нам известны, а значит длину шага получить достаточно просто – она будет равна ширине прямоугольника (рис. 18).

Для того, чтобы проанализировать походку человека во время ходьбы и выделить индивидуальные параметры движения построим все вышеупомянутые зависимости.

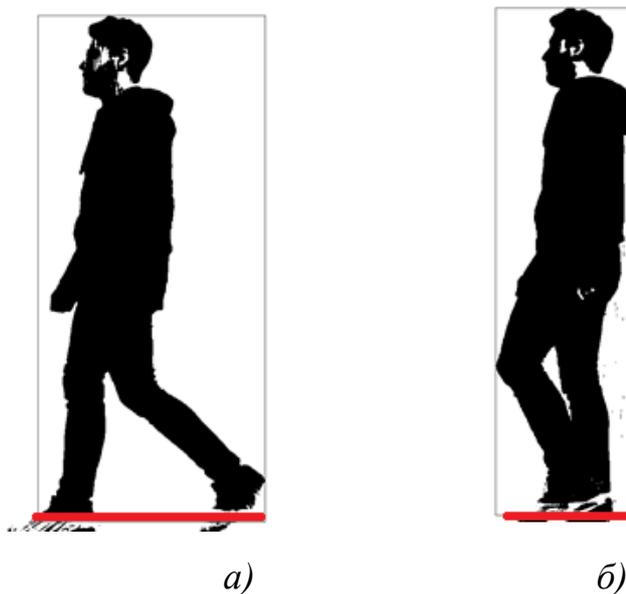


Рисунок 18 – Определение длины шага,

*a* – максимальная длина шага,

*б* – минимальная длина шага

Исходя из полученных развёртки шагов уже можно извлечь некоторые данные о походке, например подсчитать количество шагов, пройденных человеком за время съемки (рис. 19-21). На графике изменения длины шага от кадра к кадру (рис. 19) можно точно подсчитать количество сделанных человеком шагов в одну и в другую сторону: по 5 шагов в каждую сторону.



Рисунок 19 – Результаты обработки видеофайла

Время между этими блоками – было затрачено на разворот в обратную сторону движения. На графике изменения центра тяжести (рис. 20) мы также можем подсчитать общее количество шагов. Оно совпадает с предыдущими результатами.



Рисунок 20 – Результаты обработки видеофайла



Рисунок 21 – Результаты обработки видеофайла

На полученных графиках можно наблюдать большое количество артефактов – случайных резких колебаний. Это связано с «сыростью»

полученных данных и является нормальным явлением, особенно, если брать во внимание максимально доступные условия съемки.

### 3.4 Анализ полученных данных

Для проведения анализа полученных данных, необходимо эти данные привести к нормальному виду: избавиться от случайных колебаний и лишних данных (кадры, связанные с разворотом человека в обратную сторону). В мае 2020 года у меня появилась возможность переснять видеофайлы в более благоприятных условиях, а именно на фоне светлой однотонной стены с отсутствием отражающей поверхности. Несмотря на слабое освещение в помещении, полученные данные оказались более пригодными для дальнейшего изучения, по сравнению с первоначальными результатами записи в квартире. Записи были сделаны с 3 разными людьми (рис. 22-24).



Рисунок 22 – Результаты бинаризации изображения для *первой записи*  
(Владимир)

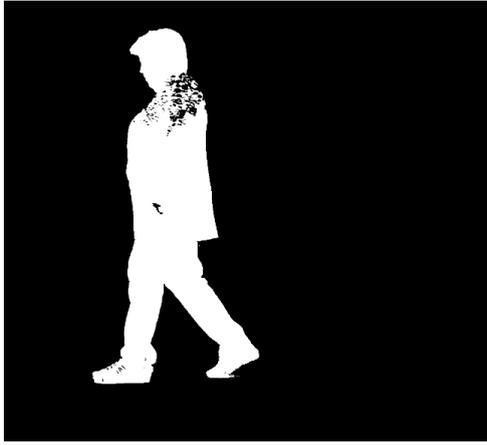


Рисунок 23 – Результаты бинаризации изображения для *второй записи*  
(*Надежда*)



Рисунок 24 – Результаты бинаризации изображения для *третьей записи*  
(*Римма*)

Далее остановимся на результатах, связанных с записью на рисунке 22. Для начала обратимся к графикам динамики изменения длины шага (рис. 25) и центра тяжести (рис. 26-27). Здесь всё также наблюдаются беспорядочные колебания, резкие переходы между кривыми.

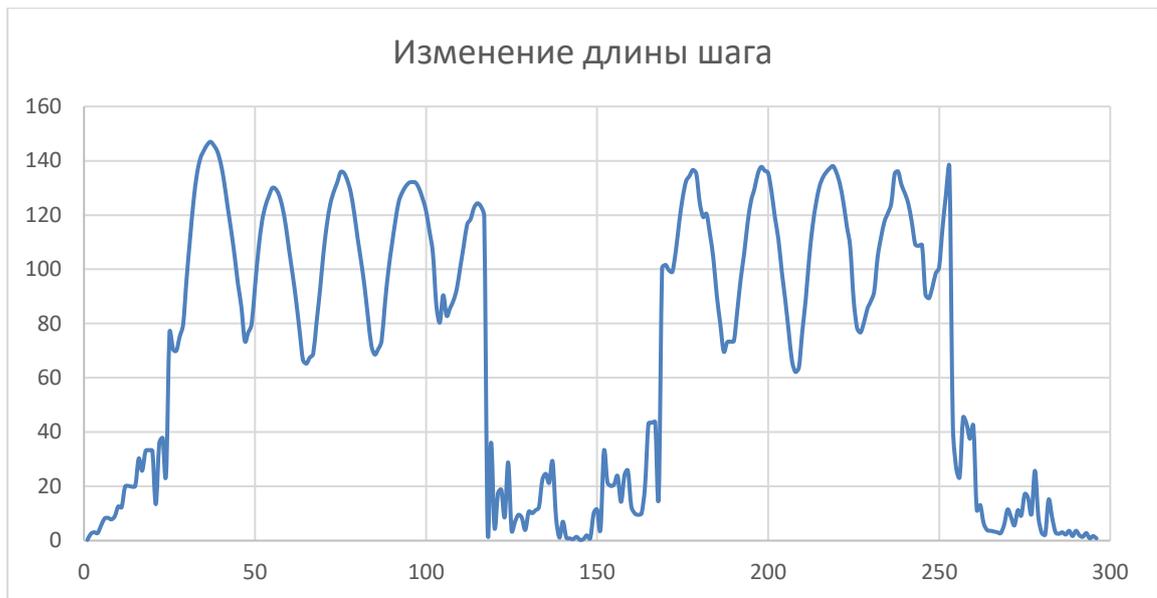


Рисунок 25 – Результаты обработки *первой записи (Владимир)*

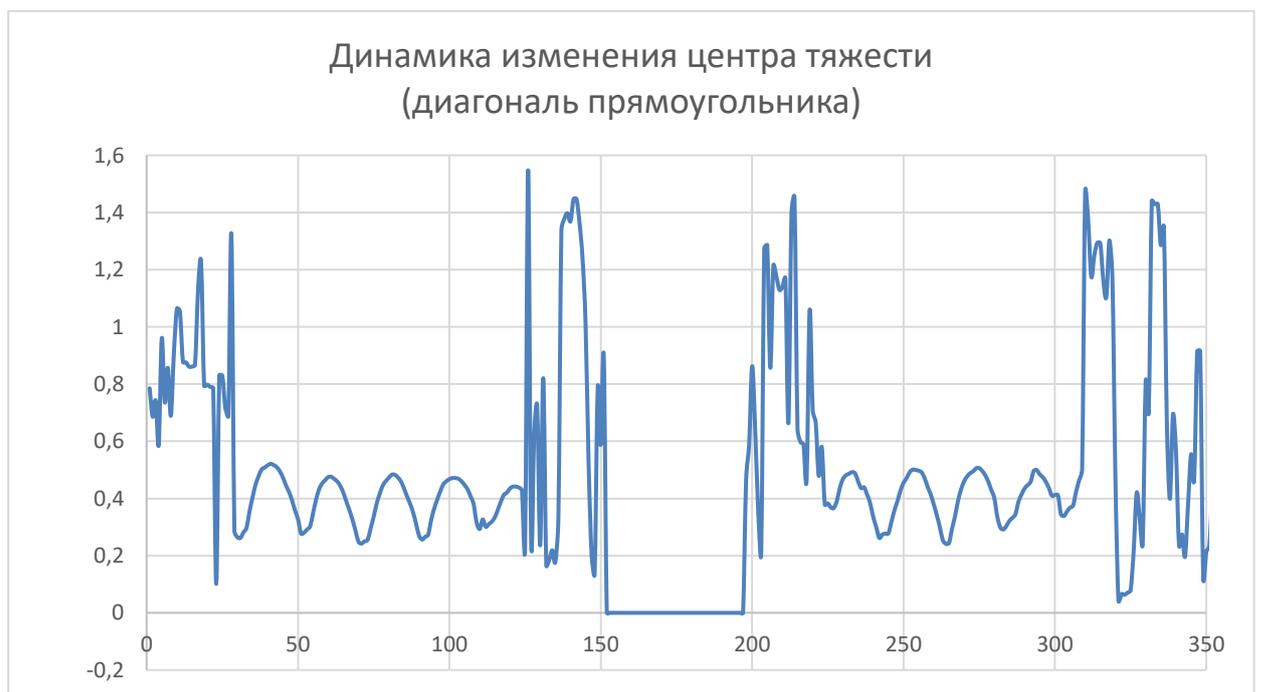


Рисунок 26 – Результаты обработки *первой записи (Владимир)*

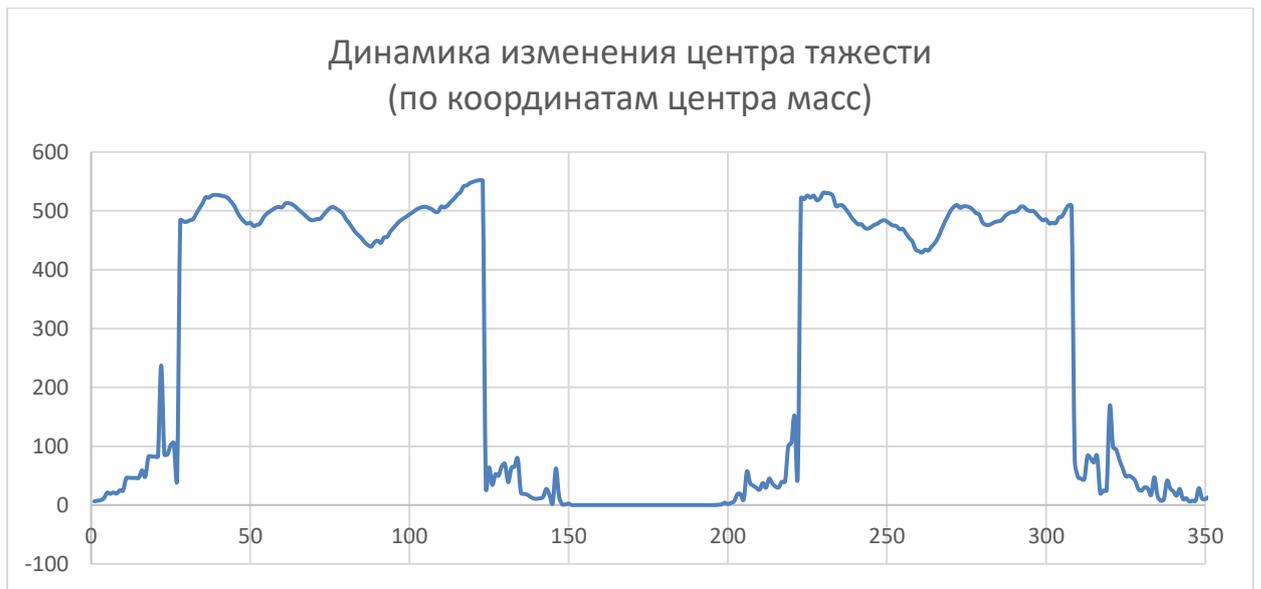


Рисунок 27 – Результаты обработки *первой записи (Владимир)*



Рисунок 28 – Результаты обработки *второй записи (Надежда)*



Рисунок 29 – Результаты обработки *второй записи (Надежда)*



Рисунок 30 – Результаты обработки *третьей записи (Римма)*

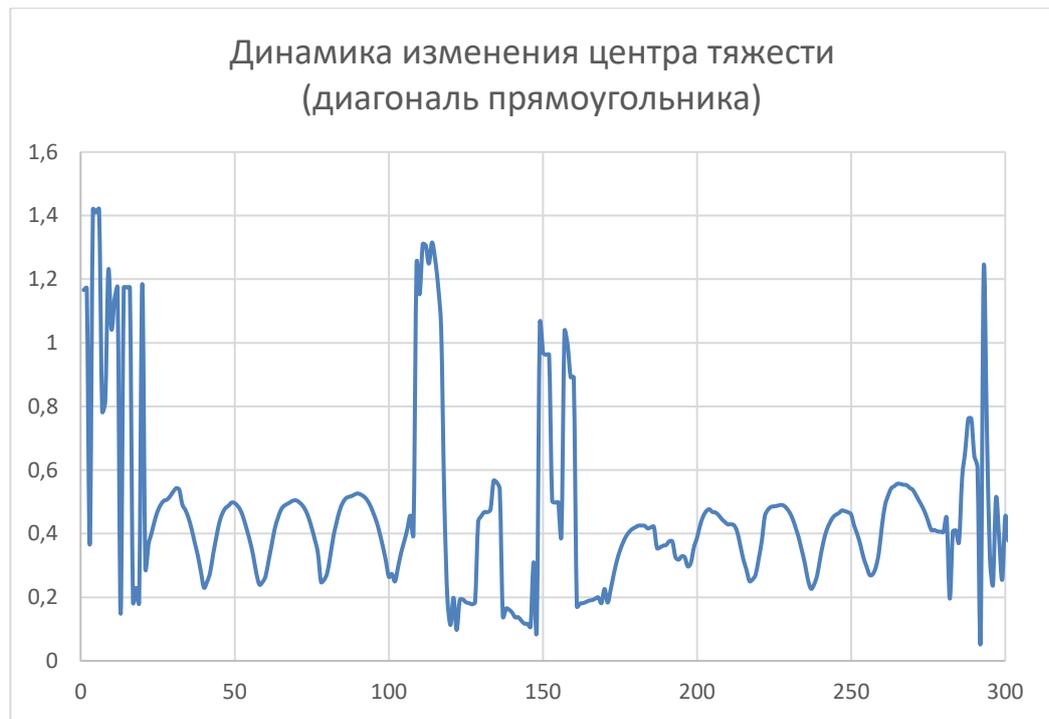


Рисунок 31 – Результаты обработки *третьей записи (Римма)*

При дальнейших исследованиях были использованы результаты второго метода (центра масс фигуры), которые отображены на рисунке 26. Для того чтобы убрать с графика беспорядочные колебания и сделать его более гладким и плавным (рис.33), воспользуемся методом простого скользящего среднего [51]. Суть данного метода заключается в замене значений членов ряда на среднее арифметическое по следующей формуле:

$$\overline{X(t)} = \frac{1}{n} \sum_{i=t}^{n+t} X(i), \quad (3.5)$$

где  $X(i)$  - фактическое значение  $i$ -го члена ряда,

$\overline{X(t)}$  - среднее значение члена ряда,

$n$  – количество элементов, входящих в интервал сглаживания,

$t$  – номер члена ряда, значение которого заменяется средним,

$i$  – порядковый номер элемента в интервале сглаживания.

Интервал сглаживания, т.е. количество входящих в него элементов  $n$ , можно определить следующим образом: если необходимо сгладить незначительные, беспорядочные колебания – интервал сглаживания берется большим. В случае, когда требуется сохранить более незначительные

колебания, а также освободиться только от периодически повторяющихся выбросов — интервал сглаживания уменьшается.

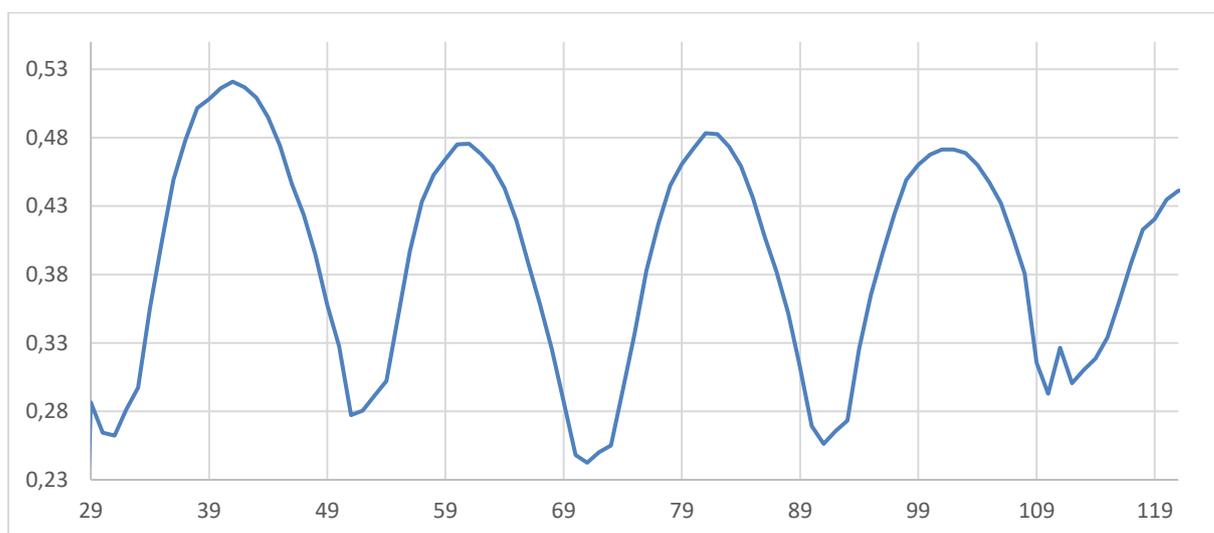


Рисунок 32 – Результаты до сглаживания

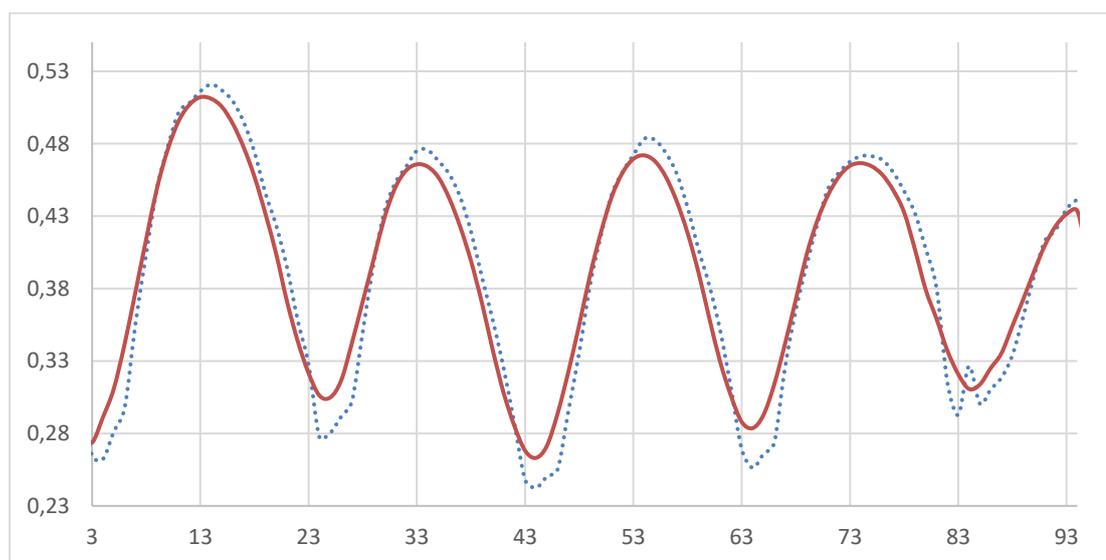


Рисунок 33 – Результат после сглаживания (сплошная линия)

В следствие особенностей сценария съемки, существует вероятность, что человек может пройти не строго по прямой, а под некоторым углом относительно камеры (рис. 34).

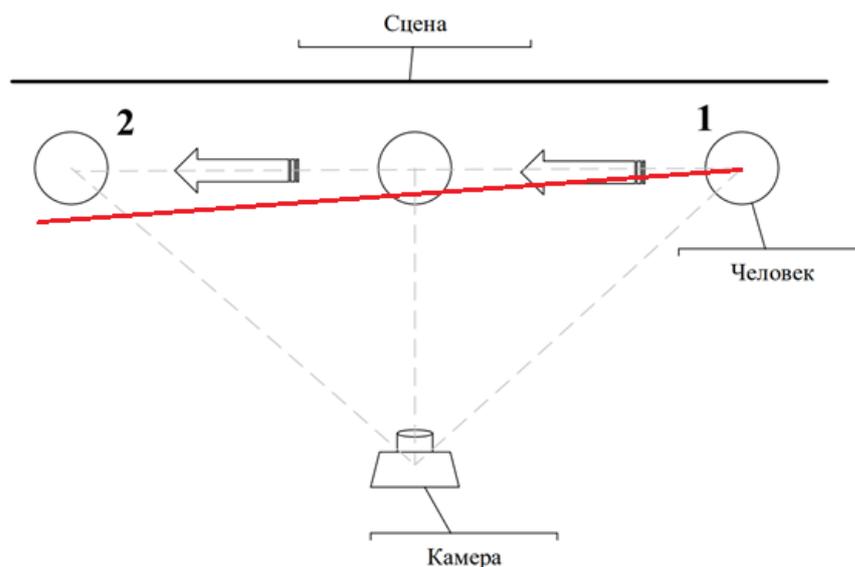


Рисунок 34 – Возможная траектория движения человека

Отсюда возникает необходимость коррекции каждой кривой отдельно (рис.34-35). Для того чтобы направление кривой строго совпадало с осью абсцисс, необходимо применить метод линейной регрессии, который представляется функцией:

$$y = a * x + b \quad (3.6)$$

Соответственно, необходимо найти значения коэффициентов  $a$  и  $b$  методом наименьших квадратов, чтобы все экспериментальные точки лежали наиболее близко к данной прямой. Коэффициенты  $a$  и  $b$  являются важной информацией о параметрах движения для учета индивидуальных особенностей походки.

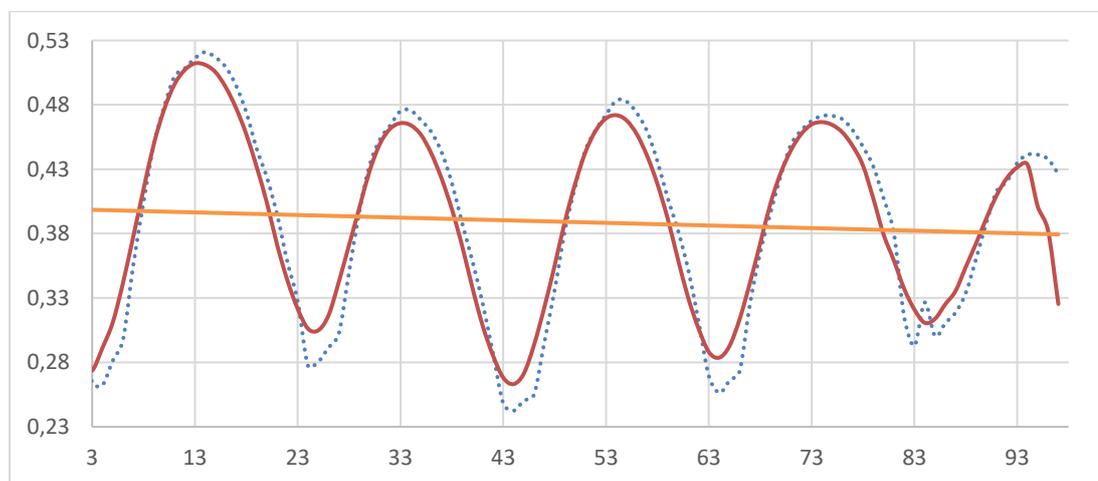


Рисунок 35 – Движение человека в кадре (справа – налево)

Данный метод позволяет найти прямую, относительно которой можно выполнить выравнивание и получить кривую изменения центра тяжести в процессе движения, которая соответствует движению человека перпендикулярно направлению визирования объективу камеры.

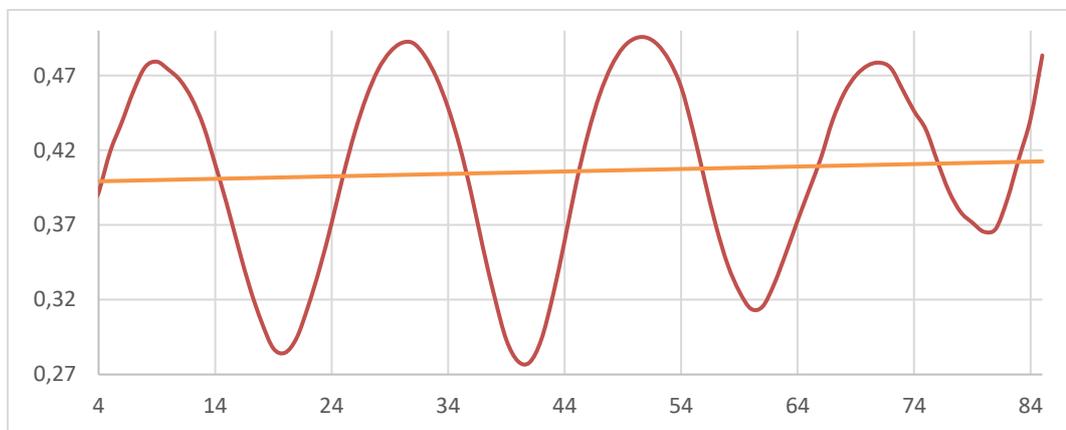


Рисунок 36 – Движение человека в кадре (справа – налево)

Таким образом, полученная после выравнивания кривая (рис. 37) может быть отправной точкой для поиска уникальных параметров походки человека: длина правого и левого шага, двойной шаг, амплитуда шага и др.

Для данного исследования было записано девять видеозаписей по три для каждого человека. К сожалению, для одного из людей не удалось записать качественные видеофайлы – два видеофайла из трёх некорректно обрабатываются вследствие нарушения установленного сценария съемки.

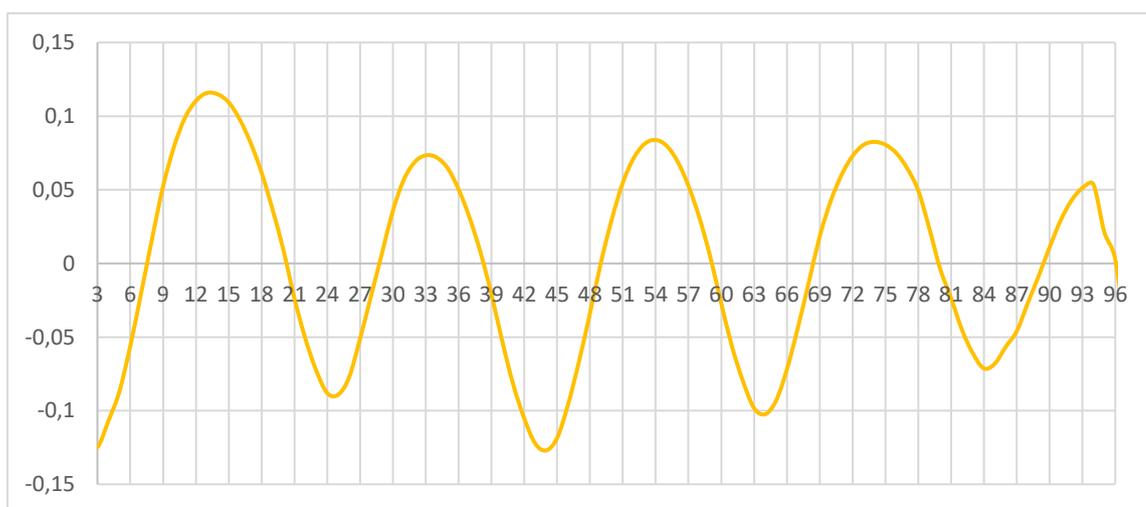


Рисунок 37 – Результат выравнивания кривой для первого видео (Владимир)

Поэтому для дальнейшего исследования, направленного на выявление схожих признаков походки, будем использовать результаты обработки для двух людей, по три на каждого человека.

До этого мы рассмотрели одну из трёх видеозаписей для Владимира и получили результат выравнивания кривой походки (рис. 37). Получим результат выравнивания кривой для остальных видео с этим человеком (рис.38-39).

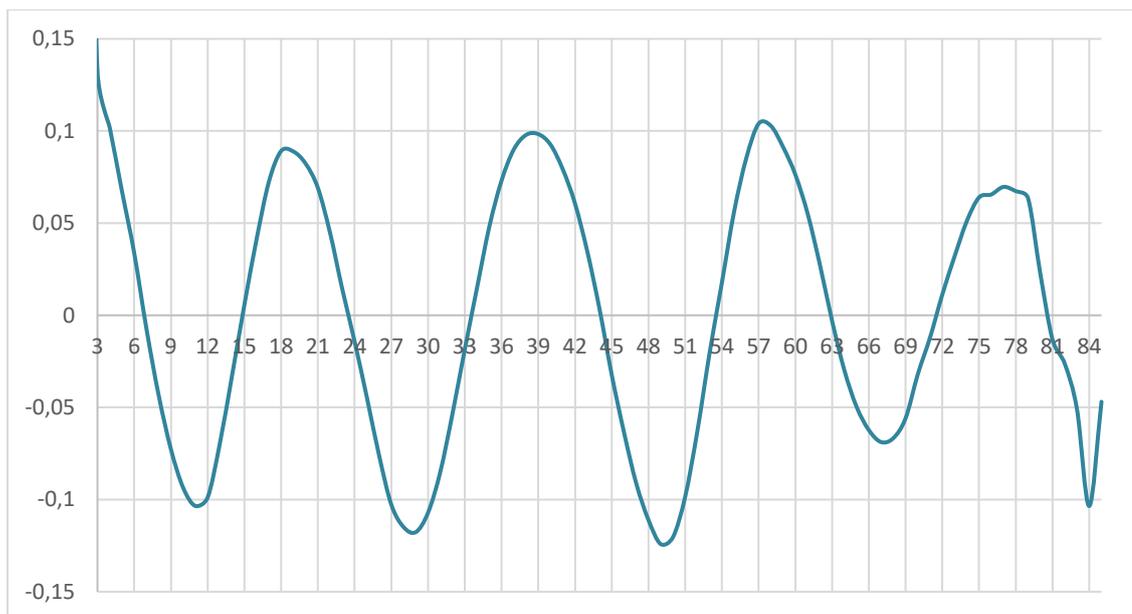


Рисунок 38 – Результат выравнивания кривой для второго видео (Владимир)

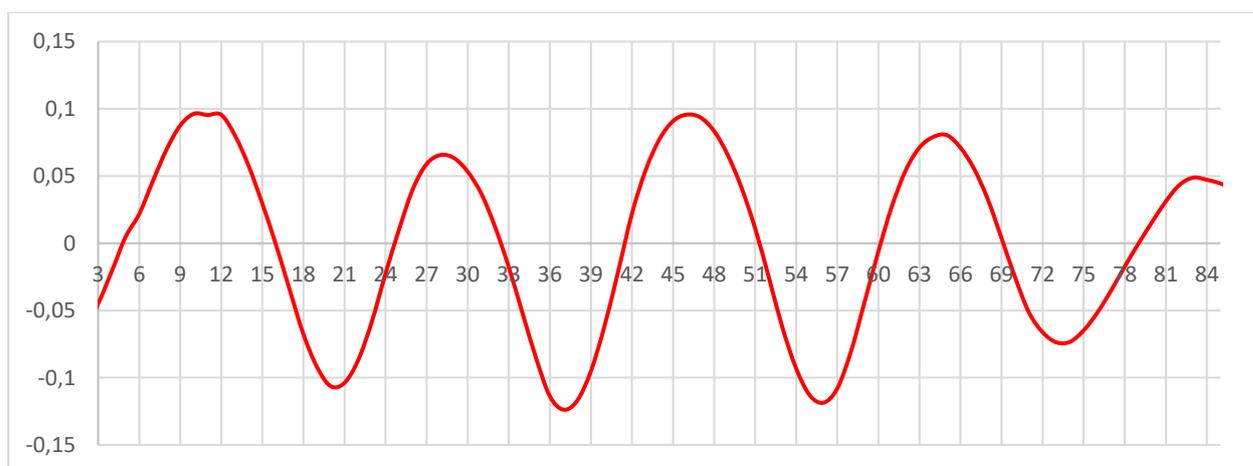


Рисунок 39 – Результат выравнивания кривой для третьего видео (Владимир)

Итак, были получены три кривые для походки одного и того же человека. Для проведения первичного анализа, построим эти кривые в одних координатных осях (рис.40) и попытаемся наложить их друг на друга (рис. 41).

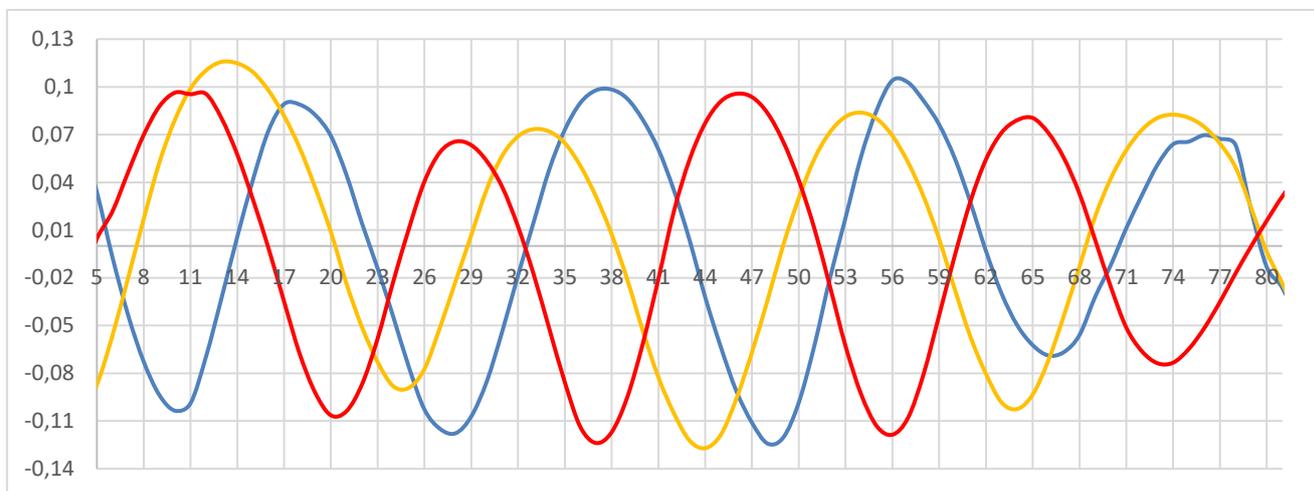


Рисунок 40 – Кривые изменения центра тяжести для трех видеозаписей  
(Владимир)

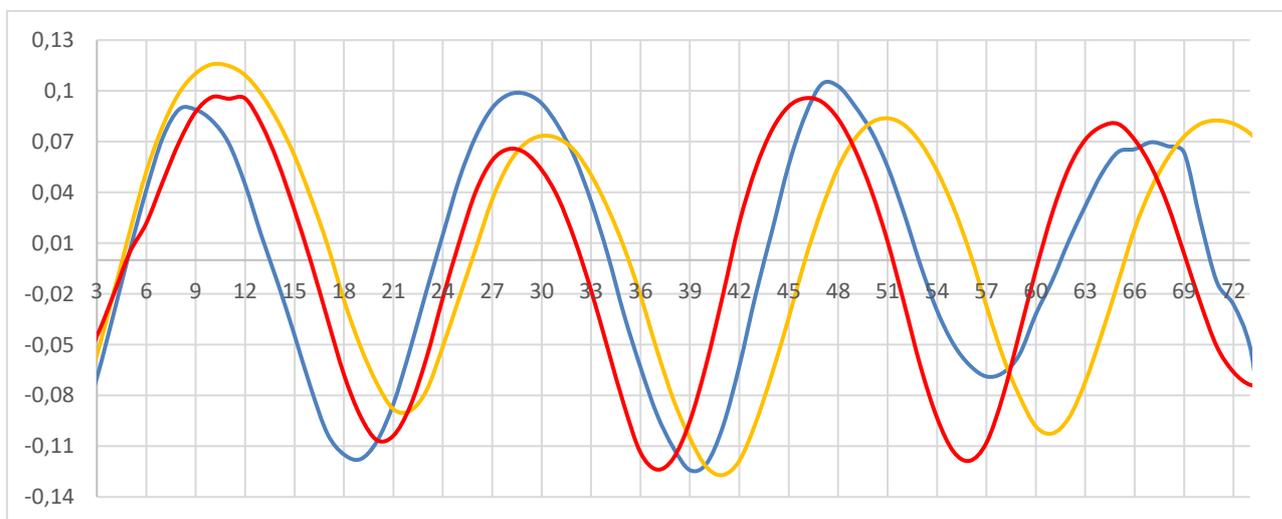


Рисунок 41 – Изменение центра тяжести для трех видеозаписей  
(Владимир)

По полученным результатам, довольно сложно сказать о том, что извлеченные данные принадлежат одному и тому же человеку. Попробуем

провести небольшой анализ полученных кривых. Определим период ( $T1$ ) каждой кривой и среднюю амплитуду ( $A1$ ). Результаты запишем в таблицу 3.

Посмотрим, какими будут результаты, если рассматривать более простую динамику изменения походки человека, а именно – динамику изменения длины шага. На рисунке 42 представлены результаты уже обработанные представленными выше способами данные. Также определим период ( $T2$ ) и среднюю амплитуду ( $A2$ ), а результаты внесем в таблицу 3.

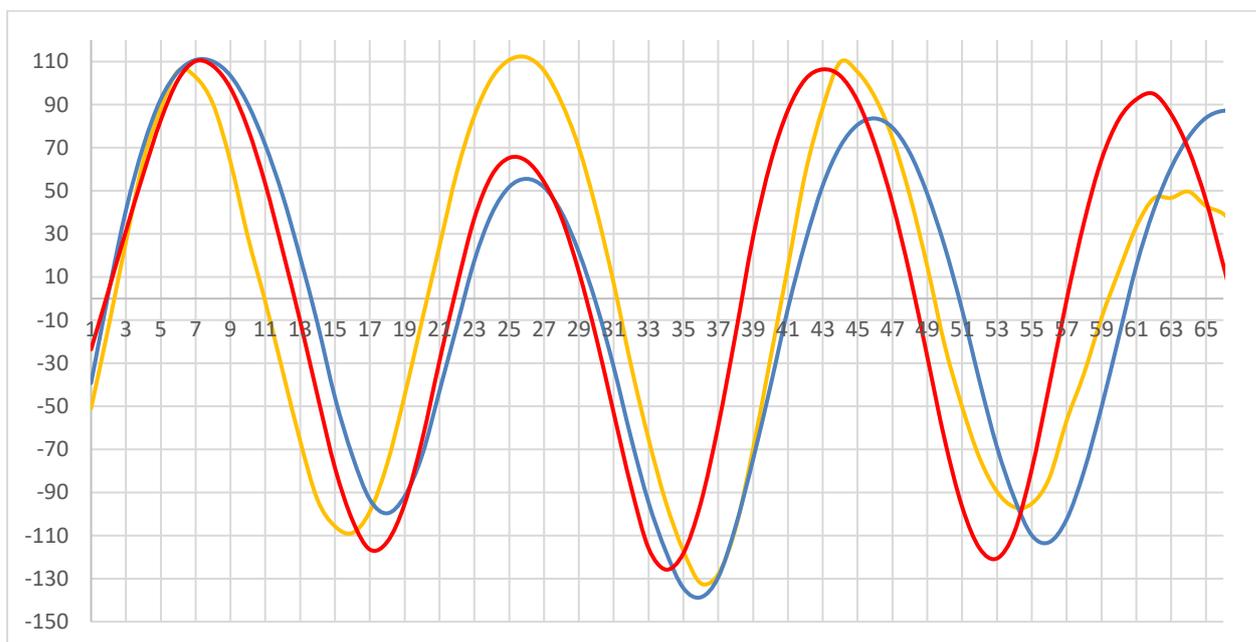


Рисунок 42 – Изменение длины шага для трёх видеозаписей (Владимир)

Таблица 3. Результаты определения периодов и амплитуд для походки Владимира

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
<b>Желтая</b>	20.4	19.5	0.089	94.3
<b>Синяя</b>	18.5	19.1	0.085	84.3
<b>Красная</b>	18.4	18.7	0.089	94.2

Теперь проведём аналогичное исследование для видеофайлов с походкой другого человека (Надежда). Построим динамику изменения центра тяжести (рис.43) и динамику изменения длины шага (рис. 44).

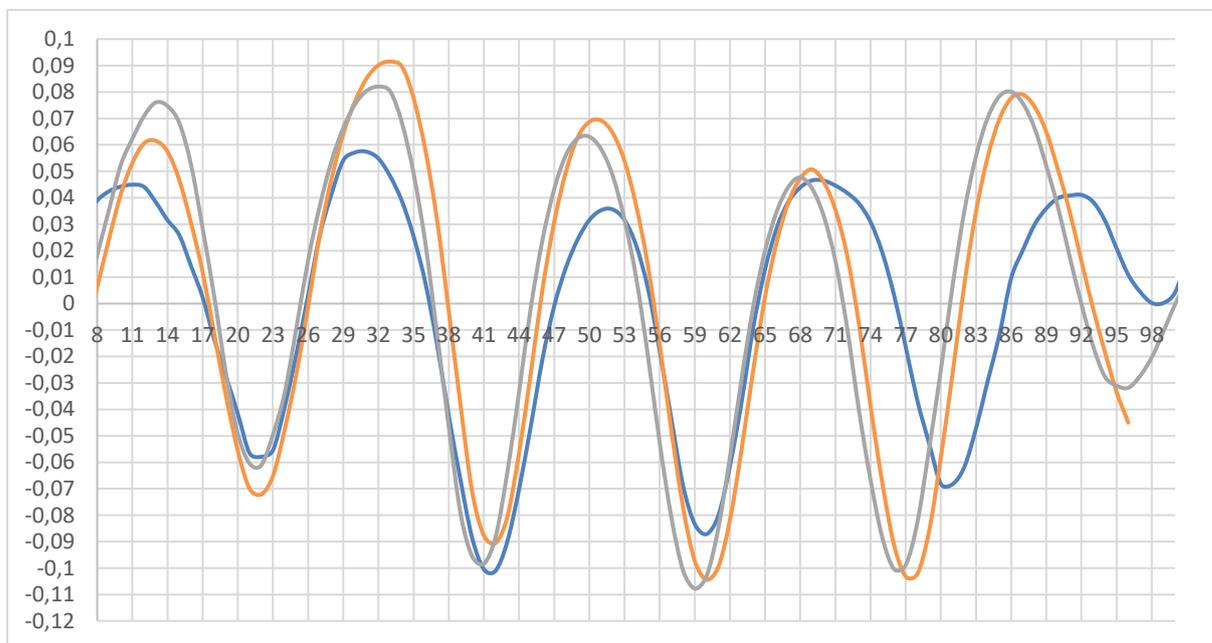


Рисунок 43 – Изменение центра тяжести для трёх видеозаписей (Надежда)

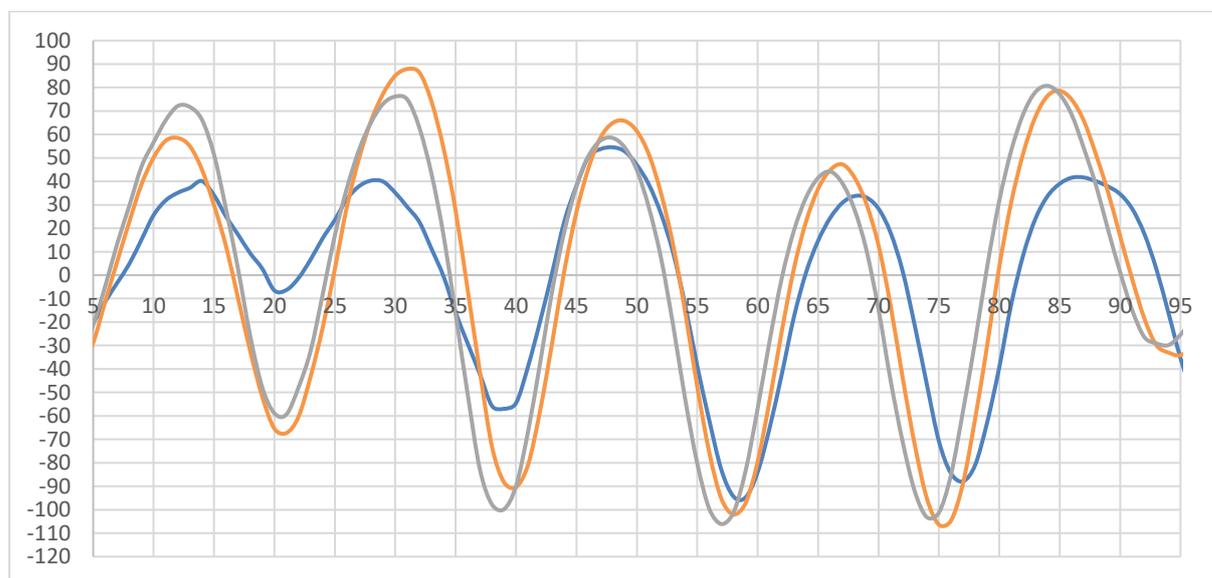


Рисунок 44 – Изменение длины шага для трёх видеозаписей (Надежда)

Определим среднюю амплитуду и период каждой кривой. Результаты внесем в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты определения периодов и амплитуд  
для походки Надежды

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
<b>Серая</b>	18.48	18.17	0.067	71.81
<b>Синяя</b>	20.5	21.5	0.047	41.9
<b>Оранжевая</b>	18.55	18.27	0.068	64.9

Присмотревшись внимательно к полученным результатам в таблицах 3 и 4, можно заметить, что от видео к видео (напомню, что каждая кривая представляет собой отдельный видеофайл) происходит изменение периода и амплитуды. Причем происходит это изменение одинаковым образом для каждой рассчитываемой динамик, например периоды T1 и T2 изменяются похожим образом (различия значений составляют в среднем 2.89%) в каждой последующей съемке – как для динамики изменения центра масс, так и для динамики изменения длины шага, что может свидетельствовать о том, что каждая методика может служить проверкой, при извлечении данных о походке.

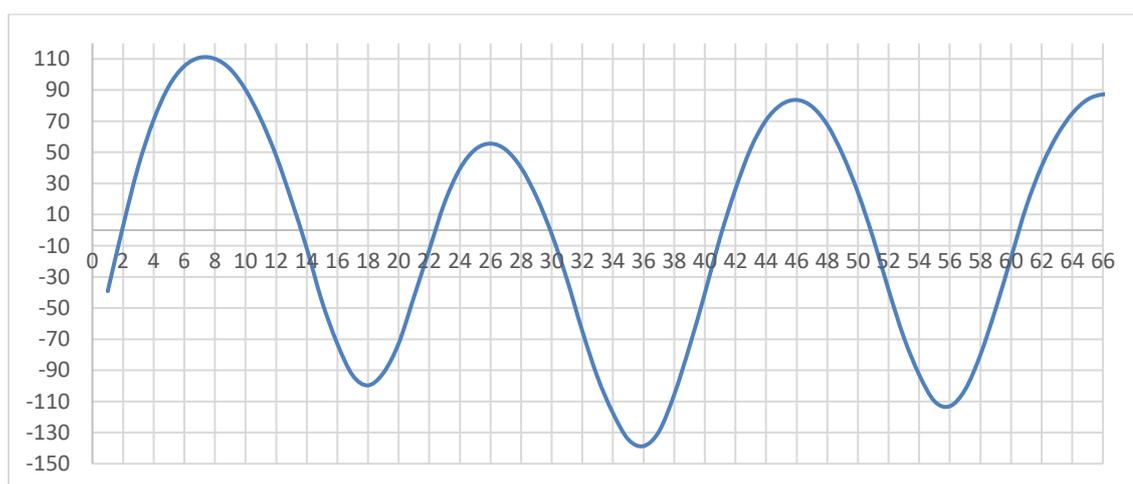


Рисунок 45 – Изменение длины шага (Владимир)

Имея в своем распоряжении подобную развертку походки человека (рис. 45), можно определить некоторые параметры ходьбы, такие как: количество сделанных шагов, симметрию шагов, среднюю скорость движения

(шагов в минуту), длину шага каждой ногой (равна амплитуде синусоиды, выражена в относительных единицах).

Исходя из того, что скорость съемки составляла 30 кадров в секунду и по оси абсцисс мы наблюдаем номера кадров, можем определить, что 1 секунда равна 30 кадрам (рис. 46).

Следовательно, рисунок 45 можно представить так:

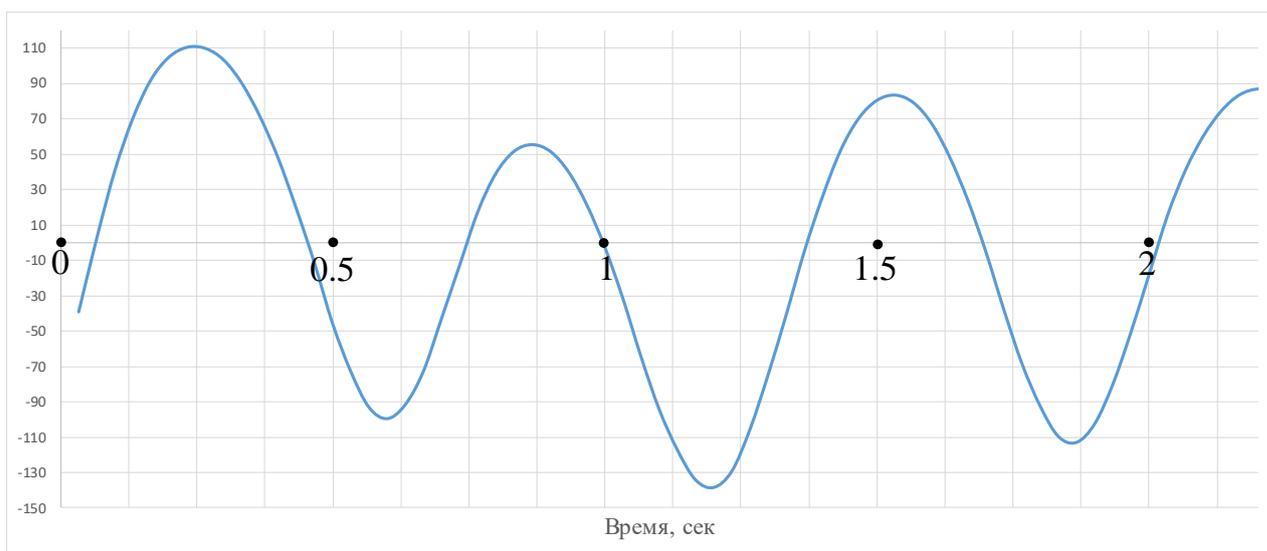


Рисунок 46 – Изменение длины шага во времени (Владимир)

Зная время, за которое происходило изменение длины шага, можем найти:

- количество сделанных шагов
- длину каждого шага (равна амплитуде каждого шага на графике)
- симметрию шагов
- скорость передвижения (шагов в минуту)

В нашем случае (рис. 46):

- количество сделанных шагов равно 4
- симметрию шага определим как отношение амплитуды изменения

одной ноги к амплитуде другой и получим:

$$\frac{55.58 - (-99.68)}{83.62 - (-138.64)} = 0.699$$

- длина каждого шага, выражается в относительных единицах, так как для преобразования в метрическую систему, во время съемки не были

произведены замеры захватываемого пространства в кадре и расстояние от камеры до фона. Средняя длина шага одной ногой равна 177, другой 201

- среднюю скорость движения определим как отношение количества шагов ко времени:

$$\frac{3.6 \text{ шага}}{2 \text{ секунды}} = 1.8 \frac{\text{шагов}}{\text{секунду}} \text{ или } 108 \frac{\text{шага}}{\text{минуту}}$$

Таким образом, нам удалось извлечь из видеофайла несколько основных параметров походки. Результаты данного этапа работы над проектом могут служить отправной точкой для создания наборов с данными о походке человека, на которых, в последствии можно будет обучать нейронные сети, настроенные на идентификацию личности.

Данную работу по модулю накопления данных на текущем этапе можно считать завершенной, но, несмотря на это для того, чтобы в будущем получить максимальную точность, рекомендуется добавить альтернативные/дополнительные алгоритмы, с помощью которых можно будет определить как другие параметры походки, так и параметры силуэта человека.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ВМ82	Каткову Владимиру Владимировичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОИТ</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**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>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы из реальных осуществляемых затрат: потребление технических ресурсов</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения (возможно временного) внутри существующей организации</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

- График проведения и бюджет НТИ*
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ*

**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>
Доцент	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		25.02.2020 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ВМ82	Катков В.В.		

## **ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Задачами данного исследования являются:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной работе будет рассматриваться программный продукт для извлечения данных из видеозаписи о походке человека с целью идентификации личности.

### **4.1 Организация и планирование работ**

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо правильно распланировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Данный этап предполагает составление полного перечня проводимых работ, определение исполнителей и оптимальная продолжительность. Результат планирования можно представить в виде линейного графика реализации проекта. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 5.

Таблица 5 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	НР – 70% И – 30%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 50% И – 50%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 40% И – 50%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 60% И – 40%
Выбор алгоритмов для решения поставленной задачи	И	И – 100%
Разработка архитектуры программного обеспечения	И	И – 100%
Разработка программного обеспечения	И	И – 100%
Съемка тестовых видеофайлов	И	И – 100%
Тестирование и отладка программного обеспечения	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	НР – 20% И – 100%
Подведение итогов	И	И – 100%

#### 4.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статистическим методом, на основе экспертного (вероятностного метода).

Такой подход предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их

профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ ( $K_{ВН} = 1$ );

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае  $K_{Д} = 1.2$ ;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (5.3)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях.

Рассчитывается по формуле:

$$T_K = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (4.4)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 10$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 6 приведены трудозатраты каждого исполнителя на каждом из этапов работы. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (5.1). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта с учетом коэффициента КД = 1.2. В столбцах 8 и 9 приведены трудоёмкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на  $T_{\text{КД}}$ .

Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 6 и 7 – общие трудоемкости для каждого из исполнителей проекта в рабочих днях. Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД (данные столбцов 8 и 9) далее пригодятся для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты.

Таблица 6 – Трудозатраты на выполнение проекта

№	Этапы работы	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
			$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{рд}$		$T_{кд}$	
						НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР, И	1	4	2,2	1.848	0.792	2.22684	0.95436
2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	3	14	7.4	4.44	4.44	5.3502	5.3502
3	Разработка календарного плана	НР, И	2	5	3.2	1.536	1.92	1.85088	2.3136
4	Обсуждение литературы	НР, И	1	4	2.2	1.584	1.056	1.90872	1.27248
5	Выбор алгоритмов для решения поставленной задачи	И	2	10	5.2	-	6.24	-	7.5192
6	Разработка архитектуры программного обеспечения	И	13	25	17.8	-	21.36	-	25.7388
7	Разработка программного обеспечения	И	40	60	48	-	57.6	-	69.408
8	Съемка тестовых видеофайлов	И	3	8	5	-	6	-	7.23
9	Тестирование и отладка программного обеспечения	И	20	30	24	-	28.8	-	34.704
10	Оформление расчетно-пояснительной записки	НР, И	7	16	10.6	2.544	12.72	3.06552	15.3276
11	Подведение итогов	И	2	4	2.8	-	3.36	-	4.0488
<b>Итого:</b>					125.6	11.952	140.928	14.40216	169.81824

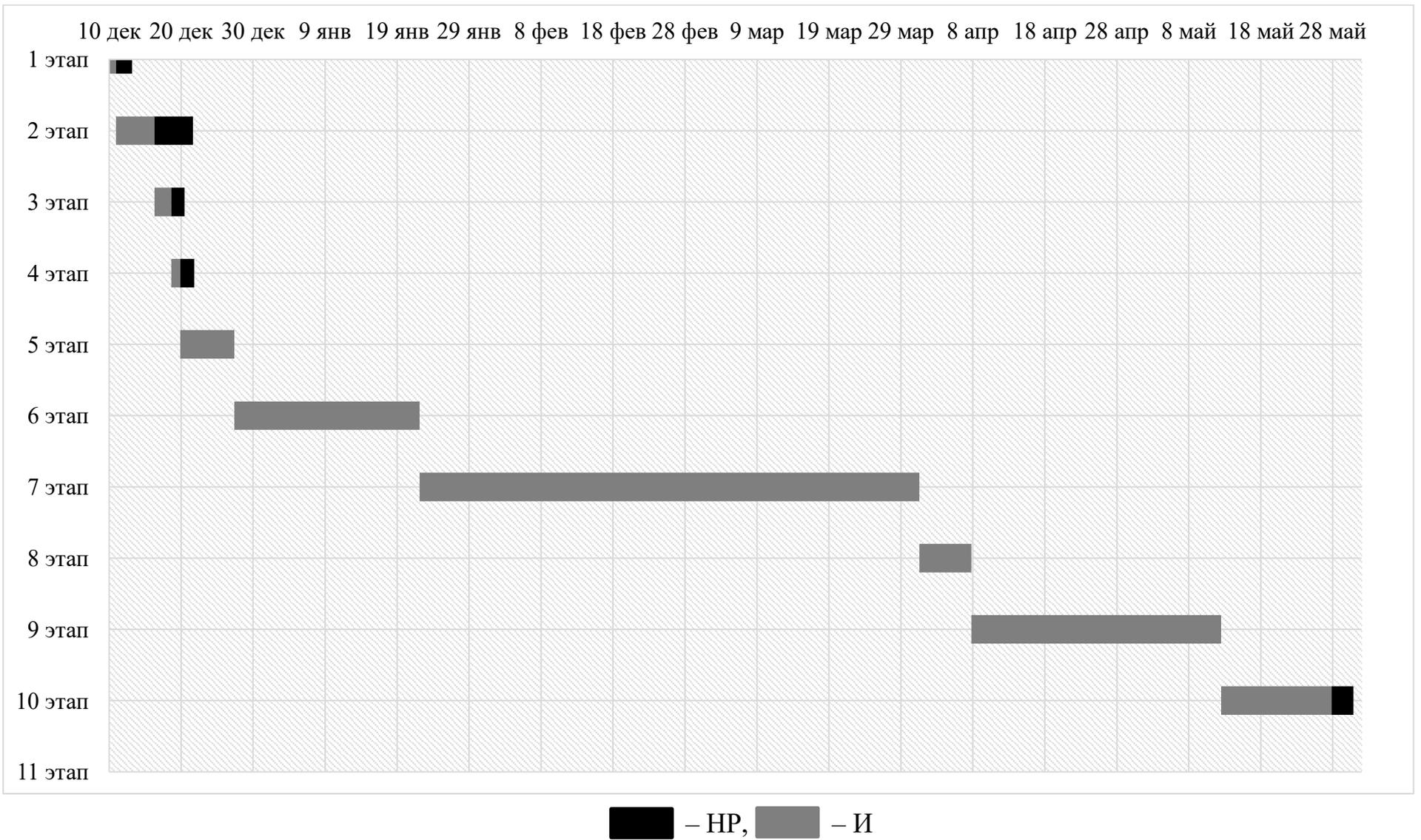


Рисунок 1 – Линейный график работ

## 4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

### 4.2.1 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-г}} = \text{МО} / 25,083 \quad (4.5)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

В таблице 3 приведен расчет затрат на полную заработную плату приведены. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 6.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему

полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ .

Таблица 7 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад руб./мес.	Среднедневная ставка, день руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб
НР	47 104	1 877, 93	12	1,699	38 287, 14
И	15 470	616, 75	141	1,699	147 748,58
<b>Итого:</b>					186 035,72

#### 4.2.2 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$ .  
Итак, в нашем случае  $C_{соц.} = 186\ 035,72 * 0,3 = 55\ 810,72$  руб.

#### 4.2.3 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (4.6)$$

где  $P_{об}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $Ц_{э} = 6,59$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 6 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t, \quad (4.7)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{РД}$ , в данном случае приравнивается 0,6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{НОМ.} * K_C \quad (4.8)$$

где  $P_{НОМ.}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты Э <sub>об</sub> , руб.
Персональный компьютер	1128*0,6	0,3	1338,03
<b>Итого:</b>			<b>1338,03</b>

#### 4.2.4 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Для расчета используется формула:

$$C_{АМ} = \frac{N_A * C_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (4.9)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования,  $N_A=33\%$ ;

$C_{OB}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, стоимость персонального компьютера составляет 65 000 рублей.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{AM}$ . Например, для ПК в 2015 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_D = 298 * 8 = 2384$  часа;

$t_{pф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Таким образом, затраты на амортизационные отчисления составили:

$$C_{AM} = 0,33 * 65000 * 1128 * 1 / 1976 = \mathbf{12\ 244,74\ руб.}$$

#### **4.2.5 Расчет прочих расходов**

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1 \quad (4.10)$$

В нашем случае:

$$C_{проч.} = (186\ 035,72 + 55\ 810,72 + 1338,03 + 12\ 244,74) \cdot 0,1 = \mathbf{25\ 542,92\ руб.}$$

#### **4.2.6 Расчет общей себестоимости разработки**

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка программного продукта

для извлечения данных о походке человека из видеозаписи с целью идентификации личности».

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{зп}$	186 035,72
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	55 810,72
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	1338,03
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	12 244,74
Прочие расходы	$C_{проч}$	25 542,92
<b>Итого:</b>		<b>280 972,13</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 280\ 972,13$  руб.

#### 4.2.7 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Из-за недостатка данных прибыль следует принять в размере  $5 \div 20\%$  от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет **56 194,43 руб.** (20 %) от расходов на разработку проекта.

#### 4.2.8 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(280\ 972,13 + 56\ 194,43) * 0,2 = 67\ 433,31$  руб.

#### **4.2.9 Цена разработки НИР**

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 280\,972,13 + 56\,194,43 + 67\,433,31 = \mathbf{404\,599,87 \text{ руб.}}$$

#### **4.3 Оценка экономической эффективности проекта**

Разработанный программный продукт в совокупности с технической документацией обеспечивает:

- ускорение поиска нарушителей правопорядка для правоохранительных органов (особенно актуально в режиме самоизоляции, связанном с COVID-19);
- дополнительный слой безопасности для охраняемых объектов, высвобождение человеческого ресурса и исключение человеческого фактора при пропуске лиц на территорию;
- экономию рабочего времени одного сотрудника в связи с сокращением нарушений трудовой дисциплины после установки автоматизированной системы идентификации;
- возможность отказаться от закупки и производства физических пропусков;
- дополнительную степень защиты для предприятий, в которых возможна утечка важной информации;
- повышение точности для других способов автоматической идентификации личности.

### 4.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определённое количество баллов. Обобщённую оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На её основе делается вывод о целесообразности НИР. Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) её научно-технического уровня по формуле:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i * n_i, \quad (5.11)$$

где  $I_{НТУ}$  – интегральный индекс научно-технического уровня;

$R_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$n_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического эффекта, в баллах. Результаты оценки научно-технического уровня НИР представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Оценки научно-технического уровня НИР

Фактор НТУ	Значимость	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
Уровень новизны	0,4	Относительно новая	4	Инструмент для накопления данных о походе человека. Может применяться в сфере безопасности, медицины, производства.
Теоретический уровень	0,1	Разработка программы	6	Разработан программный продукт, позволяющий извлекать данные о походе человека в целях идентификации личности.
Возможность реализации	0,5	В течение первых лет	10	Возможность реализации в зависимости от сферы применения, масштабов предприятия, степени внедрения.

Таблица 11 – Оценки научно-технического эффекта

<b>Уровень научно-технического эффекта</b>	<b>Показатель научно-технического эффекта</b>
Низкий	1 - 4
Средний	5 - 7
Сравнительно высокий	8 - 10
Высокий	11 - 14

Интегральный показатель научно-технического уровня для текущего проекта составляет:  $I_{НТУ} = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,2$ . По полученному интегральному показателю данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8BM82	Каткову Владимиру Владимировичу

<b>Институт</b>	Кибернетики	<b>Отделение (НОЦ)</b>	ОИТ
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

<b>Разработка программного обеспечения для формирования критериев и параметров идентификации человека по походке</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Разрабатываемый программный продукт является средством идентификации личности по походке. Данные извлекаются из видеозаписи.</i></p> <p><i>Рабочей зоной является аудитория с системой отопления и кондиционирования воздуха, с естественным и искусственным освещением. Рабочее место оборудовано персональным компьютером.</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><i>При выполнении работ сидя рабочее место должно соответствовать ГОСТ 12.2.032-78.</i></p> <p><i>Организация оборудования рабочих мест с ПК регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03.</i></p>

<p><b>2. Профессиональная социальная ответственность:</b>  2.1. Анализ выявленных вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению  2.2. Анализ выявленных опасных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</p>	<p><i>Вредные факторы производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>• отклонение показателей микроклимата в помещении;</li> <li>• повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>• повышенный уровень электромагнитных излучений.</li> </ul> <p><i>Опасные проявления факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• электрический ток;</li> <li>• пожаровзрывоопасность.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><i>Во время работы над ВКР негативного воздействия на окружающую среду оказано не было.</i></p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p><i>Возможно возникновение чрезвычайной ситуации на рабочем месте – пожара.</i></p>
<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Горбенко М.В.	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ82	Катков В.В.		

## **ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В данном разделе ВКР рассматриваются особенности организации рабочего места и рабочей среды специалиста, осуществляющего *разработку программного продукта* по извлечению данных о походке человека по видеозаписи в целях идентификации личности.

Основным рабочим местом служила учебная аудитория № 411 в Кибернетическом центре Национального Исследовательского Томского политехнического университета. Аудитория хорошо отапливается и вентилируется. Рабочее место оснащено персональным компьютером, за которым и производились основные работы по разработке.

В данном разделе ВКР следует проанализировать факторы, негативно влияющие на разработчика программы, а также, на основе действующих нормативных документов привести рекомендации по минимизации этого вредного влияния.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Отношения между работодателем и работником регулируются при помощи законодательства РФ. В трудовом кодексе Российской Федерации регулируются моменты, касающиеся оплаты труда, трудовых отношений, трудового распорядка, а также особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями. Согласно трудовому кодексу, продолжительность рабочего дня для обычных работников не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет продолжительность рабочего дня составляет 24 часа, а от 16 до 18 – не более 35 часов в неделю. При выполнении работ, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени продолжительность, составляет не более 36 часов. Работодатель обязан выплачивать заработную плату работнику, установленную трудовым договором. Способ оплаты может быть как сдельный, так и повременный. Возможно

удержание заработной платы, в случаях предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив об этом работодателя. В течение рабочего дня работодатель обязан предоставить работнику перерыв от 30 минут до 2 часов, который не включается в рабочее время. Всем работникам предоставляются выходные дни. Работа в выходные дни производится только с письменного согласия работника и оплачивается не менее чем в двойном размере. По желанию работника, работавшего в выходной или нерабочий праздничный день, ему может быть предоставлен другой день отдыха. В этом случае работа в выходной или нерабочий праздничный день оплачивается в одинарном размере, а день отдыха оплате не подлежит [52]. При работе в ночное время продолжительность рабочей смены должна составлять на один час меньше. К такой работе не допускаются беременные женщины; работники, не достигшие возраста 18 летнего возраста; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, инвалиды, работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семьи, матери и отцы – одиночки детей до пяти лет [52]. Работодатель обязан предоставлять ежегодный отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Также работник имеет право взять неоплачиваемый отпуск «за свой счет». Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Организация рабочего места – один из факторов комфортности рабочей среды. Рассмотрим требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПК для взрослых пользователей, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Высота рабочей поверхности стола должна 680-800 мм. Ширина и длина поверхности стола должна составлять 800–1400 и 800–1000 мм соответственно. Также

рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной не менее 650 мм [53].

Глубина и ширина сиденья должна быть не менее 400 мм, а передний край иметь закругление. Высота сиденья должна регулироваться в пределах 400–550 мм, а углы наклона должны составлять до 15 градусов вперед и до 5 градусов назад. Высота спинки должна быть  $300 \pm 20$  мм, ширина не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм. Угол наклона спинки в вертикальной плоскости должен быть в пределах 260–400 мм. Подлокотники должны иметь длину не менее 250 мм и ширину 50–70 мм, а также иметь регулировку по высоте над сиденьем в пределах  $230 \pm 30$  мм и регулировку внутреннего расстояния между подлокотниками 350–500 мм [53].

Рабочее место пользователя ПК должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм и глубину не менее 400 мм. Кроме того, подставка должна регулироваться по высоте в пределах 150 мм и по углу наклона до 20 градусов.

Внешняя сторона подставки должна иметь рифленую поверхность и иметь на переднем крае бортик высотой 10 мм [53]. Клавиатура должна располагаться на рабочем столе на расстоянии 100–300 мм от края, обращенного к пользователю, либо на специальной регулируемой подставке, отделенной от основной поверхности стола. Монитор должен находиться на расстоянии 600–700 мм от пользователя и иметь регулировку по высоте и углу наклона в вертикальной плоскости [53].

## 5.2 Профессиональная социальная ответственность

Таблица 12. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) [54]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Проектировочные работы:</p> <p>1. Анализ известных технических решений;</p> <p>2. Разработка собственного технического решения;</p> <p>3. Проектирование программной части.</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата в помещении;</p> <p>2. Превышение уровней шума и вибрации;</p> <p>3. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>4. Повышенный уровень электромагнитных излучений;</p>	<p>1. Электрический ток;</p> <p>2. Пожаровзрывоопасность</p>	<p>1. СанПиН 2.2.4-548-96 [55]</p> <p>2. СанПиН 2.2.2/2.1.8.562-96 [56]</p> <p>3. Федераль-ный закон N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [57]</p> <p>4. СанПиН 2.2.4.1191-03 [58]</p> <p>5. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ [59]</p> <p>6. СП 52.13330.2011 [60]</p>

## 5.2.1 Анализ вредных факторов рабочей зоны и обоснование мероприятий по их устранению

### 5.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте

Для создания благоприятной для работника обстановки на рабочем месте в помещениях, с установленными компьютерами, необходимо соблюдение определенных параметров микроклимата. Для этого нужно обеспечить оптимальные значение влажности, подвижности и температуры воздуха.

Таблица 13. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [55]

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

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года и количество избыточного тепла в помещении. В санитарных нормах СанПиН 2.2.4.548-96 [55] установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия для работника. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (см. табл. 13-14).

Работа разработчика относится к категории работ Ia, поскольку работа производится сидя и сопровождается незначительными нагрузками. Для поддержания приведенных выше параметров микроклимата помещение рекомендуется оборудовать системами вентиляции, отопления и увлажнения воздуха. Планировку помещений необходимо делать таким образом, чтобы находящееся внутри оборудование не мешало свободной циркуляции воздуха.

Также необходимо ежедневно проводить влажную уборку и проветривание рабочих помещений.

*Таблица 14. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [55]*

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

### **5.2.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Повышенный уровень шума является одним из вредных факторов, негативно влияющих на нервную и сердечно-сосудистую системы работника. Длительное воздействие шума на организм человека приводит к снижению остроты зрения и слуха, повышению кровяного давления, притуплению внимания, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения.

Причиной его появления может служить оборудование, расположенной в рабочем помещении: персональные компьютеры, принтеры и т.д. Согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96 [56], эквивалентный уровень шума в рабочем помещении, предназначенном для творческой и научной деятельности, проектирования, программирования вычислительных машин не должен превышать 50 дБА.

Корпус университета, в котором находится аудитория (рабочее место), удалено от сильных источников шума: центральных улиц, автомобильных и железных дорог, аэропортов и т.д.

Для снижения шума следует применять рациональное расположение оборудования, ослабить шум самих источников, в частности, предусмотреть

применение в их конструкциях акустических экранов, звукоизолирующих кожухов. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены ПК, должны быть облицованы звукопоглощающими материалами.

### 5.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места возле ПК является совокупностью естественного и искусственного освещения. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место преимущественно с левой стороны.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

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.

*Таблица 15. Нормативные показатели освещения для аудиторий высшего образовательного учреждения, оборудованных ПК [60]*

Искусственное освещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк	При комбинированном освещении	500/300
		При общем освещении	400
	Цилиндрическая освещенность, лк		-
	Объединенный показатель дискомфорта UGR, не более		14
	Коэффициент пульсации освещенности, не более		10
Естественное освещение	КЕО, %	При верхнем или комбинированном освещении	3,5
		При боковом освещении	1,2
Совместное освещение	КЕО, %	При верхнем или комбинированном освещении	2,1
		При боковом освещении	0,7

Для освещения рабочего места рекомендуется использовать люминесцентные источники света. Это связано с тем, что они имеют близкий к естественному свету спектральный состав и большой срок службы. Нормативные показатели освещения представлены в таблице 15.

Для искусственного освещения помещений с персональными компьютерами следует применять светильники с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Допускается применение светильников местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест параллельно линии зрения пользователя при разном расположении компьютеров.

Требования к освещению рабочих мест, оборудованных ПК представлены в таблице 16. Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

*Таблица 16. Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [53]*

Освещенность на рабочем столе	300–500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блескостность источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости: – между рабочими поверхностями – между поверхностями стен и оборудования	3:1–5:1 10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

Для освещения рабочего места – в учебной аудитории № 411 Кибернетического центра НИ ТПУ применяются открытые *двухламповые* светильники с люминесцентными лампами (рис. 47).

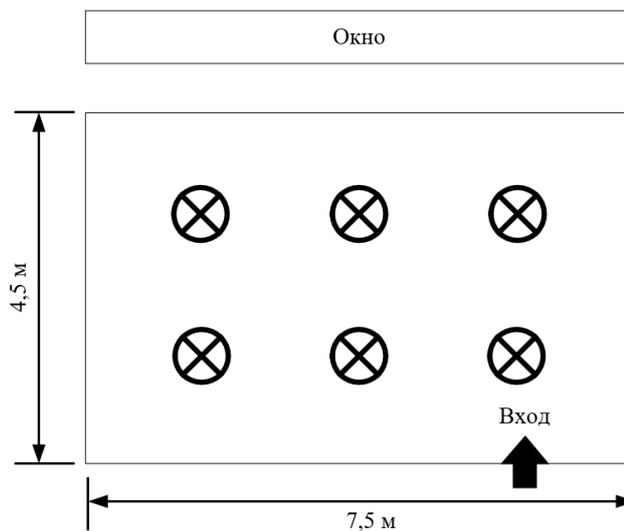


Рисунок 47 – План расположения световых приборов

Основные характеристики ламп ЛБ (лампы белого света) – мощность 40 Вт; ток лампы 0,43 А; световой поток 3000 лм. Параметры помещения: длина и ширина кабинета составляют 7,5 м и 4,5 м, высота потолка (а также светильников) 3 м, высота рабочей поверхности – 1 м.

Также необходимо учесть степень отражения всех поверхностей помещения. В аудитории все стены оклеены светлыми обоями, потолок – побелен давно, серого оттенка, пол – светло-коричневого цвета. Следовательно, индексы отражения: для пола и стен – 30, для потолка – 50.

Коэффициент запаса в нашем случае равен 1,5 – для помещений с малым выделением пыли [62, таблица 4.9].

С учетом всех параметров рассчитаем индекс помещения по формуле:

$$i = S / h (A + B), \quad (5.1)$$

где  $S = A * B$  – площадь помещения,

$h$  – высота светильников над рабочей поверхностью.

Итак, в нашем случае:

$$I = 7.5 * 4.5 / (3 - 1) * (7.5 + 4.5) = 1,4. \quad (5.2)$$

Определим коэффициент использования по [62, таблица 4.11]. С учетом индексов отражения стен и потолка он равен 31.

Выполним расчет светового потока:

$$\Phi = E * S * k * z / N * \eta, \quad (5.3)$$

где  $E$  – нормируемая минимальная освещенность,  $S$  – площадь помещения,  $k$  – коэффициент запаса,  $z$  – коэффициент неравномерности освещения,  $N$  – число ламп в помещении (в нашем случае 6 светильников, по 2 лампы в каждом),  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{300 * 33.75 * 1.5 * 1.1}{6 * 2 * 0.31} = 4491 \text{ Лм.}$$

Сравним полученное значение светового потока с серийным, который составляет 3000 Лм.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{станд}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{станд}}} \times 100\% \leq +20\% \quad (5.4)$$

Получаем:

$$-10\% \leq -0,5\% \leq +20\%$$

Полученное значение соответствует стандартным нормам освещения помещений, где установлены компьютеры, следовательно, аудитория № 411 соответствует требованиям к организации освещения рабочего места.

#### **5.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником повышенного уровня электромагнитных излучений и повышенной напряженности электрического поля на рабочем месте является персональный компьютер. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряженностей носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

По санитарным нормам время работы за ПК для учащихся высших учебных заведений составляет 2 часа с учетом перерывов между двумя академическими часами 15–20 минут. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера

представлены в таблице 17. Ряд мероприятий, позволяющих уменьшить влияние вредных факторов на работника при работе за ПК: Каждые 20-25 минут делать упражнения для глаз; каждый час делать перерыв минимум 15 минут; во время перерывов делать физкультурную паузу 3-4 минуты для снятия напряжения и локальной усталости.

*Таблица 17. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений [55]*

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: – для взрослых пользователей – для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

Для снижения негативного воздействия излучения от ПК, рекомендуется использовать мониторы с низким уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), использовать специальные защитные очки. При работе с ПК необходимо отрегулировать монитор так, чтобы он находился немного выше уровня глаз – это способствует разгрузке наиболее напряженных групп мышц.

## **5.2.2 Анализ опасных факторов рабочей зоны и обоснование мероприятий по их устранению**

### **5.2.2.1 Электрический ток**

При работе с ПК необходимо соблюдать правила электробезопасности во избежание поражения работника электрическим током.

Перед началом работы следует убедиться в том, что все электрические приборы и электрооборудование исправно и подлежит эксплуатации. Также необходимо проверить целостность всех внешних питающих проводов и контактов (вилки), убедиться в том, что на рабочем месте нет свисающих или висящих под столом проводов электропитания, отсутствуют какие-либо оголенные и неизолированные провода.

Обязательным условием является наличие защитного заземления электрооборудования, так как при работе с ним могут происходить наводки статического электричества. При прикосновении к таким элементам может произойти разряд статического электричества. Обычно, такие разряды не представляют опасности для человека, однако могут вывести из строя электрооборудование, в частности ПК.

При работе с электрооборудованием необходимо проводить комплекс мер по защите от поражения работника электрическим током. Допустимый ток частотой 50 Гц при длительности воздействия более 10 секунд составляет 2 мА, а при длительности 10 секунд и менее – 6 мА. Для переменного тока эта величина соответственно равна 10 и 15 мА.

Методы защиты от опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, работающих под напряжением;
- использование малых напряжений, например, не более 50 В;
- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление;
- применение средств индивидуальной защиты и предупреждающих средств, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки, указатели напряжения.

### 5.2.2.2 Пожаровзрывоопасность

Основными причинами пожаров могут являться:

- нарушение технологического режима работы оборудования, неисправность электрооборудования;
- плохая подготовка оборудования к ремонту;
- самовозгорание различных материалов и др.

В соответствии с Федеральным законом N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» вероятность возникновения пожара в электрооборудовании не должна превышать одну миллионную в год. Компьютерное помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгораемыми веществами [61], поэтому существует необходимость предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического и организационного плана.

Технические мероприятия предусматривают соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. К организационным мероприятиям относятся: правильная эксплуатация оборудования, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, правильное содержание зданий и территорий, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

Необходимый ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара, включает в себя обеспечение подъездов к зданию, обесточивание электрических кабелей, наличие гидрантов с пожарными рукавами, пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах, тепловую сигнализацию и телефонную связь с пожарной охраной. Также необходимо наличие огнетушителей.

Порядок действий в случае обнаружения пожара или признаков горения:

1. Немедленно сообщить о пожаре в пожарную охрану по телефону 01 (четко назвать адрес предприятия, что горит и чему угрожает, фамилию передающего сообщение).

2. Сообщить о пожаре руководству предприятия.

3. Оповестить персонал о пожаре и порядке эвакуации.

4. По возможности принять меры к эвакуации людей, материальных ценностей и одновременно приступить к тушению очага пожара первичными средствами пожаротушения.

5. Организовать встречу пожарных подразделений, сообщить руководителю тушения пожара о наличии оставшихся людей в здании.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В данном разделе рассмотрим влияние проводимых работ на окружающую среду. При использовании ПК могут возникнуть следующие виды негативного воздействия: выбросы углекислого газа в атмосферу и образование тепла при пожаре; загрязнение почвы при утилизации ПК. При утилизации ПК (при поломке или завершении срока службы), его можно отнести к отходам электронной промышленности. Такие отходы разделяют на однородные компоненты. Компоненты, пригодные для дальнейшего использования, повторно используют в производстве, например такие металлы, как алюминий, золото, серебро. Пластмассы и печатные платы утилизируются при высоких температурах без доступа к воздуху во избежание токсичных выбросов в атмосферу. Компоненты, не подлежащие утилизации, переработке или повторному использованию, подлежат захоронению на специальных полигонах или в почве.

### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах,

пожаров, взрывов на объектах. Согласно техническому регламенту «о требованиях пожарной безопасности», здание должно соответствовать всем требованиям пожарной безопасности. Должна присутствовать пожарно-охранная сигнализация, план эвакуации при пожаре, порошковые огнетушители и иные средства тушения пожара, указательные таблички к запасным (эвакуационным) выходам. Также необходимо проводить пожарный инструктаж сотрудников.

Возможными причинами пожара в рабочем месте оператора могут быть перегрузка электросети, короткое замыкание и нарушение изоляции электросети. На каждом этаже должно быть не менее двух переносных огнетушителей, расположенных на видных местах вблизи выходов из помещений. Расположение средств пожаротушения не должно препятствовать эвакуации людей при пожарах. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется огнетушитель ОУ-2. Для поддержания огнетушителей в исправном состоянии необходимо проверять массу заряда не реже одного раза в два года. Плановую перезарядку и переосвидетельствование баллона огнетушителя необходимо проводить раз в 5 лет.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результатом выполнения магистерской диссертации является модуль накопления данных о походке человека для системы идентификации личности по походке. Спроектированное, разработанное и отлаженное программное обеспечение позволяет извлекать данные о походке человека из загруженного видеофайла. Получены количественные данные о параметрах походки человека, представлена динамика изменения длины шага и центра тяжести для нескольких людей во время процесса ходьбы.

В ходе работы потребовалось изучить литературу о походке человека, ее параметрах и биомеханике, современные алгоритмы выделения движущихся объектов на видео и популярные методы распознавания походки.

Для создания экспериментальных видеофайлов был разработан специальный сценарий съемки, нарушение которого приводит к некорректной работе алгоритма обработки входного видеофайла. В результате нарушения результирующий набор данных могут попасть объекты, относящиеся к фону, а не к исследуемому объекту. Такое нарушение произошло в ходе записи видеоданных для одного из участников эксперимента.

Полученные результаты могут служить отправной точкой для создания наборов с данными о походке человека, на которых, впоследствии можно проводить обучение нейронных сетей, настроенных на идентификацию личности по походке. Для получения максимальной точности и извлечения большего количества уникальных параметров из видеофайла, рекомендуется добавить альтернативные алгоритмы определения параметров походки, а также дополнительные алгоритмы для работы с силуэтом фигуры человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wikipedia – свободная энциклопедия. // DeepFake. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Deepfake> (дата обращения: 5.12.2019).
2. Телеканал «РБК» // URL: <https://www.rbc.ru/society/18/02/2020/5e4b87ea9a7947886c3c6656> (дата обращения: 5.03.2020).
3. Телеканал «РБК» // URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3](https://www.rbc.ru/technology_and_media/24/02/2020/5e4fb5af9a7947cfd5e1e3) (дата обращения: 12.03.2020).
4. Новостной портал «Newsru.com» // URL: <https://hitech.newsru.com/article/08nov2018/pohodka> (дата обращения: 12.03.2020).
5. Новостной портал «MediaLeaks» // URL: <https://medialeaks.ru/0811jkr-you-are-how-you-walk/> (дата обращения: 13.03.2020).
6. «BIDA Lab» – Biometrics and Data Pattern Analytics [Электронный ресурс.] – URL: <http://atvs.ii.uam.es/atvs/sfootbd.html> (дата обращения: 10.04.2020).
7. Информационное агентство «Версия» // URL: <https://versiya.info/science/70386> (дата обращения: 11.04.2020).
8. Информационный портал «Хайтек +» // URL: <https://hightech.plus/2018/05/29/algorithm-nauchilsya-raspoznavat-cheloveka-po-pohodke-s-rekordnoi-tochnostyu> (дата обращения: 15.04.2020).
9. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн; под ред. О.Г. Газенко. – М.: Наука, 1990. – 494 с.
10. Витнезон, А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека / А.С. Витнезон. – М.: ООО «Зеркало-м», 1998. – 273 с.

11. Скворцов, Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки / Д.В. Скворцов. – Иваново: Изд-во НПП «Стимул», 1996. – 344 с.
12. Vicon clinical science. [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.vicon.com/motion-capture/life-sciences> (дата обращения: 2.02.2020).
13. Tekscan. Gait Analysis Systems. [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.tekscan.com/gait-analysis-systems> (дата обращения: 4.02.2020).
14. Zebris Medical GmbH. [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.zebris.de/medizin/produkte-loesungen> (дата обращения: 5.02.2020).
15. Tekscan. F-Scan System. [Электронный ресурс.] – URL: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/f-scan-system> (дата обращения: 7.02.2020).
16. MedAboutMe – публикации о здоровье. [Электронный ресурс.] – URL: <https://medaboutme.ru/zdorove/spravochnik/slovar-medicinskih-terminov/khodba/> (дата обращения: 8.02.2020).
17. Википедия Переиздание – электронная энциклопедия. [Электронный ресурс.] – URL: [https://wiki2.org/ru/Ходьба\\_человека](https://wiki2.org/ru/Ходьба_человека) Дата обращения: (дата обращения: 10.02.2020).
18. Википедия – электронная энциклопедия. [Электронный ресурс.] – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ходьба\\_человека](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ходьба_человека) (дата обращения: 11.02.2020).
19. Дубровский, В.И. Биомеханика: учебник для вузов / В.И. Дубровский, В.Н. Федорова. – М.: Владос, 2003. – 388 с
20. Витензон, А.С. Закономерности нормальной и патологической ходьбы человека / А.С. Витензон. – М.: ООО «Зеркало-М», 1998. – 271 с.
21. Apsrus – оздоровительный портал. [Электронный ресурс.] – URL: <https://apsrus.ru/analiz-hodby-hodba-cheloveka-anatomicheskaya-harakteristika/> (дата обращения: 11.02.2020).

22. Куропаткина, Н.А. Реабилитация спортсменов и физкультурников при повреждениях позвоночника и спинного мозга / Н.А. Куропаткина. – Волгоград: Litres, 2012. – 224 с.
23. «Справочник врача.» [Электронный ресурс.] – URL: <https://medlib.xyz/> (дата обращения: 9.02.2020).
24. «Биология и медицина.» [Электронный ресурс.] – URL: <http://medbiol.ru/> (дата обращения: 3.02.2020).
25. Жезлов, М.М. Диагностика и лечение вертеброгенной пояснично-крестцовой радикулопатии / М.М. Жезлов, О.С. Левин // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2012. – №4. – С. 31–36
26. Таппахов, А.А. Взаимосвязь болезни паркинсона и эссенциального тремора: обзор литературы и клинический случай / А.А. Таппахов, Т.Г. Говорова, Т.Е. Попова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2018. – №2(11). – С. 44–49.
27. База знаний по биологии человека. [Электронный ресурс.] – URL: <http://humbio.ru/> (дата обращения: 5.03.2020).
28. Han, J., Bhanu, B. Individual recognition using gait energy image // IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 2006, 28, pp. 316–322
29. Bashir, K., Xiang, T., S, G. Gait recognition using gait entropy image // Proceedings of 3rd international conference on crime detection and prevention, 2009
30. Makihara, Y., Sagawa, R., Mukaigawa, Y., Echigo, T., Yagi, Y. Gait recognition using a view transformation model in the frequency domain // Computer Vision – ECCV 2006, 2006, pp. 151–163
31. Yoo, J. and Nixon, M. S. Automated Markerless Analysis of Human Gait Motion for Recognition and Classification // ETRI Journal, 2011, 33: 259–266

32. Lu, H. Plataniotis, K. N. Venetsanopoulos, A. N. A FullBody Layered Deformable Model for Automatic ModelBased Gait Recognition // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2007, pp 261–317
33. Karpathy, A. Toderici, G. Shetty, S. Leung, T. Sukthankar, R and Fei-Fei, L. Large-Scale Video Classification with Convolutional Neural Networks // Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
34. Zhang, X., Sun, S., Li, C., Zhao, X., Hu, Y. Deepgait: A learning deep convolutional representation for gait recognition // Biometric Recognition, 2017
35. Thapar, D., Nigam, A., Aggarwal, D., Agarwal, P. VGR-net: A view invariant gait recognition network // IEEE 4th International Conference on Identity, Security, and Behavior Analysis, 2018, 1-8.
36. Iwama, H., Okumura, M., Makihara, Y., Yagi, Y.: The OU-ISIR Gait Database Comprising the Large Population Dataset and Performance Evaluation of Gait Recognition // IEEE Trans on Information Forensics and Security, 2012, 7, Issue 5, pp.1511–1521
37. Hofmann, M., Geiger, J., Bachmann, S., Schuller, B., Rigoll, G.: The TUM Gait from Audio, Image and Depth (GAID) database: Multimodal recognition of subjects and traits // J of Visual Com and Image Repres, 2014, 25(1), pp.195 – 206
38. Castro, F.M., Marín.Jiménez, M.J., Guil, N., Pérez de la Blanca, N. Automatic learning of gait signatures for people identification // Advances in Computational Intelligence. 2017. pp. 257–270
39. Marín. Jiménez, M., Castro, F., Guil, N., de la Torre, F., Medina.Carnicer, R. ‘Deep multi-task learning for gaitbased biometrics’. // IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2017
40. Castro, F.M., Marín.Jiménez, M., Medina Carnicer, R. Pyramidal Fisher Motion for multiview gait recognition // 22nd International Conference on Pattern Recognition, 2014, pp. 692–1697

41. T. Ko, S. Soatto, D. Estrin, "Background Subtraction on Distributions" // ECCV '08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III, 2008. [Электронный ресурс.] – URL: <http://vision.ucla.edu/papers/koSE08.pdf> (дата обращения: 14.07.2019).
42. Р. Салимзибаров, А. Разумков, А. Коробков. Адаптивный метод выделения движущихся объектов // The 22nd International Conference on Computer Graphics and Vision, 2010 (дата обращения: 15.07.2019).
43. J. Sun, W. Zhang, X. Tang, H.-Y. Shum, "Background Cut," // ECCV Proceedings, Berlin, 2006. [Электронный ресурс.] – URL: <http://bjhd.org/papers/PR/ECCV/ECCV2006/papers/3952/39520628.pdf> (дата обращения: 18.07.2019).
44. Д. Бобда. Бинаризация: применение на практике. // Библиотека Донецкого национального технического университета. [Электронный ресурс.] – URL: <http://masters.donntu.org/2015/fknt/ivanova/library/article3.htm> (дата обращения: 19.07.2019).
45. Хабр – интернет-блог по информационным технологиям. [Электронный ресурс.] – URL: <https://habr.com/ru/post/114452/> (дата обращения: 19.07.2019).
46. Абдуллин Ю. Э. Обнаружение и трассировка движущихся объектов в потоке видеоданных. // Томский государственный университет. Томск, 2004. [Электронный ресурс.] – URL: <http://docplayer.ru/31711061-Obnaruzhenie-i-trassirovka-dvizhushchihsya-obektov-v-potoke-videodannyh.html> (дата обращения: 20.07.2019).
47. А.А. Гоева, Е.В. Булатников. Сравнение библиотек компьютерного зрения для применения в приложении, использующем технологию распознавания плоских изображений. // Вестник МГУП имени Ивана Федорова №6, 2015. [Электронный ресурс.] – URL:

<http://masters.donntu.org/2018/fknt/getmanova/library/article6.htm> (дата обращения: 20.07.2019).

48. Хабр – интернет-блог по информационным технологиям. [Электронный ресурс.] – URL: <https://habr.com/ru/post/149607/> (дата обращения: 19.07.2019).

49. SimpleCV Tutorial. Документация к библиотеке. [Электронный ресурс.] – URL: <http://tutorial.simplecv.org/en/latest/> (дата обращения: 19.07.2019).

50. Zhao, G. Video based estimation of pedestrian walking direction for pedestrian protection system / G. Zhao, M. Takafumi, K. Shoji, M. Kenji // J. Electron. – 2012. – V.29. – pp. 72–81.

51. Учебные материалы для студентов. [Электронный ресурс.] – URL: [https://studme.org/1565081123521/ekonomika/v\\_chem\\_zaklyuchaetsya\\_metod\\_skolz\\_yaschego\\_srednego](https://studme.org/1565081123521/ekonomika/v_chem_zaklyuchaetsya_metod_skolz_yaschego_srednego) (дата обращения: 15.04.202).

52. N 197-ФЗ. Трудовой кодекс Российской Федерации, 2001.

53. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

54. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

55. СанПиН 2.2.4- 548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

56. СанПиН 2.2.2/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

57. Федеральный закон N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

58. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

59. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

60. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

61. Пожарная безопасность. Учебно – методический комплекс.  
[Электронный ресурс] URL:

[http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/\\_private/Pogar/Ix\\_4\\_kategorii.htm](http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Pogar/Ix_4_kategorii.htm). (дата обращения: 15.05.2020).

62. Безопасность жизнедеятельности: практикум // Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 101 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**CHAPTER 1. CHARACTERISTICS AND RESEARCH METHODS OF**  
**THE HUMAN GAIT**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ82	Катков Владимир Владимирович		

Консультант школы отделения (НОЦ) информационных технологий:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ботыгин И.А.	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Аксёнова Наталия Валерьевна	к.филол.н		27.05.2020

## 1.1 Description of the subject area

### 1.1.1 Existing decisions

Many gait identification systems that are based on neural network algorithms and work only under the conditions that are present in the databases used to teach them. This is the main reason why their use is limited.

Chinese company "Watrix" in 2018 began testing a new tool that recognizes people by their gait and body type. Artificial intelligence will be able to know who is in front of it, even if a person's face is hidden, person is turned away from the camera or put on a mask (Fig. 1).



Figure 1 – Gait identification by Watrix

The system analyzes the silhouette, height, weight, speed and walking patterns and identifies the person in a database. This technology notices an individual at a distance of 50 meters with a 94 per cent accuracy. Unfortunately, it is not yet possible to do so in real time – artificial intelligence takes at least ten minutes to scan all the data. In the near future Watrix is going to reduce this interval [5].

It is also known that scientists at the University of Manchester suggest using this gait identification at airports to check passengers. SfootBD technology, based on AI work, searches for patterns in people's movements and recognizes their identities with fantastic accuracy. The technology was developed by a team of scientists from the

United States and Spain, based at the University of Manchester. According to the developers – their system is 380 times more accurate than all previous gait recognition systems. The system was called SfootBD [6].

At the heart of a special technique that allows you to recognize the identity of people by their gait type, is a special floor covering (Fig. 2). It is assumed that the technology can be used for personal identification at the airport. In addition, scientists are also working to ensure that the system can recognize neurodegenerative diseases.

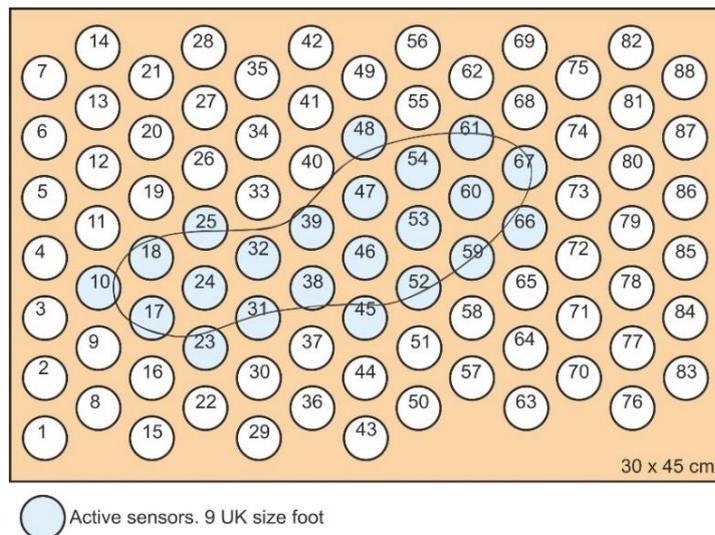


Figure 2 – Special coverage model for SfootBD system

A person walking on the pavement with gait recognition technology unintentionally leaves a "footprint" that the system is able to analyze very quickly. The accuracy of recognition reaches 99.3%.

According to scientists, each person has 24 gait factors, together they create a unique manner of step. Gait analysis can be as effective as fingerprint scanning, experts say. Scientists have already managed to collect a gait database that reflects data on 127 different people. To collect data, they needed floor-mounted sensors and high-resolution cameras [7].

It should be noted that such a system is not universal for the following reasons:

- In order to record gait information in the database, a person must be placed in a room with floor sensors and high-resolution cameras.

- The algorithms can only recognize those people whose gait is recorded in the database. Therefore, one can hardly say about upscaling of the given technology because doing such "cast of a gait" for each person is expensive and takes a long time [8].

There is also information that there are companies that have stopped their research in this area, for example, the company FST Biometrics, located in Israel, stopped the development of a similar product because it was "too difficult".

### **1.1.2 Existing methods for analyzing a person's gait**

Since 1960s, the research of a human gait type began to develop quite actively abroad. In Russia such scientists as N.A. Bernstein [9], A.S. Vitenzon [10], D.V. Skvortsov [11] have made a great contribution to its analysis. So far, this direction has been relevant and in demand. Most works with achievements in the field of human motion analysis have been published recently.

At present, the most popular methods of gait analysis are:

1. The use of reflective markers and electromyograph electrodes, which are attached to the patient's body. During the test, infrared cameras monitor the position of the markers and the data is transmitted to the software. The most famous company developing this method of gait examination is Vicon [12]. Diagnostic instrumental complex consists of infrared cameras, two-section dynamometer platform AMTI and software Vicon Nexus and Vicon Polygon.
2. The use of a special plate or sensors to measure pressure changes of the test person during standing or walking. The research of a person's gait with this method is conducted in many companies. Let us consider the most famous equipment:
  - Walkway (Tekscan, USA). It is a special floor plate in the form of a track with built-in pressure sensors [13];
  - Zebris offers standard treadmills with integrated plates with many sensors as well as mobile treadmills [14];

- The F–scan subgraphical complex (Tekscan, CIF) consists of sensors which are placed in the shoes of the examinee [15].

### **1.1.3. Gait kinematics**

During the kinematic analysis of a gait type, the movements of the overall body gravity centre and angular movements in the joints of the foot and large joints of the lower limbs are first found.

In kinematic analysis, movements of body segments are recorded using both contact and non–contact methods. Angular and linear movements, acceleration and speed are investigated.

The main methods of investigation are: goniometry, cyclography and the method of evaluation of body segment movements using a gyroscope.

Goniometry records changes in leg angle by a direct method using special angle sensors, as well as by a non–contact method (based on data obtained from cyclogram analysis).

Cyclography allows registering changes in the coordinates of luminous points in the body. In addition, accelerometers and gyroscopes are used for studies. The gyroscope records the angles of rotation of the body segment to which it is attached around one of the axes of rotation, conventionally called the reference axis. Typically, gyroscopes are used to assess the movements of the shoulder belt and pelvis, with a sequential recording of the direction of motion in three anatomical planes – the frontal, horizontal and sagittal.

By evaluating the results, the angle of rotation of the shoulder belt and pelvis to the side, back or forward, as well as rotation around the longitudinal axis, can be determined at any point in the step. For special studies, accelerometers are used to measure tangential tibia acceleration.

In human gait research, biomechanical paths covered with an electroconductive layer are also used. Most important information is also obtained through traditional biomechanical cyclographic studies, which are known to be based on recording the coordinates of luminous markers on the human body using video and film photography.

#### **1.1.4. Gait dynamics**

At present, there is no mass available method for measuring joint, tendon or live muscle force moment. Thus, it is impossible to research gait dynamics by direct measurement of force produced by a working muscle. Despite this, the direct method of implanting pressure and force transducers directly into the tendon or muscle is used in special laboratory tests. Also, when using sensors in joint endoprotheses and lower limb protheses, the direct method is used to research the torque.

Basically, the forces that affect a person during gait are obtained either through the determination of forces in the center of the body mass or by recording a support reaction.

In practice, the force of muscle traction in cyclic movements can be estimated by solving the task of reverse dynamics. That is, with a known value of speed and acceleration of the moving segment, as well as its mass and center of mass, we are able to calculate the force causing the movement based on the second Newton's law (the active force is directly proportional to acceleration and body weight).

The real walking force that can be measured is the force of the support reaction. Comparison of the step kinematics with the force of the support reaction allows us to estimate the joint torque. Calculation of muscle rotation torque is based on a comparison of muscle bioelectric activity, points of application of support reaction and kinematical parameters.

The strength of the support reaction consists of a vertical component acting upward and downward, a longitudinal component directed backward and forward along the Y axis, and a transverse component directed laterally and medially along the X axis. These constituents are derived from muscle forces, gravitational forces and inertial forces of the body.

#### **1.1.5. Algorithms of object selection**

There are different ways to separate an object from the background. Currently, there are many algorithms for this purpose. Their ability to function and produce the

desired result depends on the input data. Let us consider the classification of existing algorithms.

The simplest and at the same time most extensive classification is based on the type of input data. We assume that the input is a sequence of images, as if the input is a video file, it is then converted to a sequence of images. The image contains the object of interest and the background - the background in which the object is located. The combination of the object and background makes up the scene (Fig. 3).

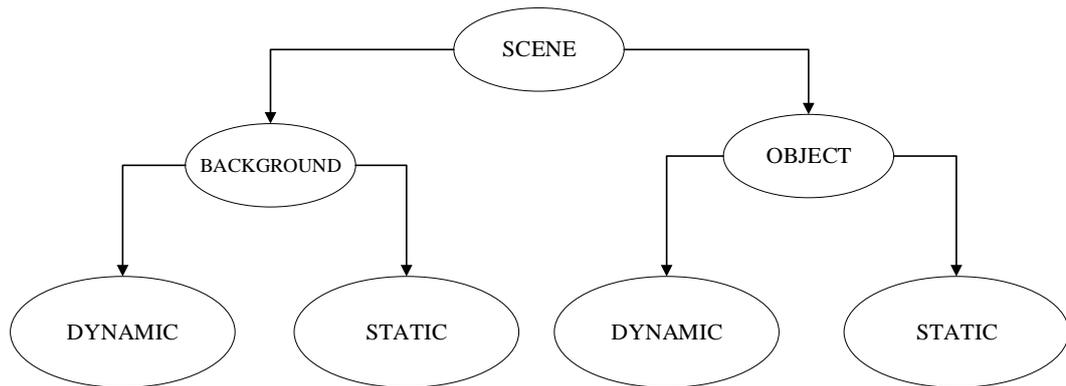


Figure 3 - States of the scene components

Each component of a scene can be in one of two states: dynamic or static.

The following classification of object selection algorithms follows from this state:

- Algorithms of static object selection in static background.
- Algorithms of static object selection in the dynamic background.
- Algorithms of dynamic object selection in static background.
- Algorithms of dynamic object selection in the dynamic background.

These algorithms use fundamentally different approaches to solve the problem. If the object and the background are in different states, then, a comparison of two consecutive frames is most often used to determine the position of the object in the scene. If they are in the same states, then it is necessary to use a pre-known light or color mask of the object of interest, due to which you can find it in the scene and separate it from the background.

Besides, it is possible to classify algorithms of object selection on the basis of the image processing method:

- pixel algorithms
- block algorithms
- algorithms based on minimizing energy functionality throughout the image.

The pixel algorithms process all points of the image independently. Usually they first build a color model background and evaluate how the current pixel color corresponds to it while working. Such methods most often possess rather high speed of work; however, they are sensitive to noise and do not consider binding of markings [28].

Block algorithms do not process independently individual pixels, but groups of pixels combined in blocks. Although the use of such methods has allowed a high speed in some cases, this approach does not even theoretically achieve perfect accuracy, because the background or foreground refers to the entire block of pixels at once. If a block contains a boundary, then, in such areas the boundary of the object is defined knowingly inaccurately [29].

Algorithms based on minimizing the energy function across the entire image allow you to use information from the entire image in aggregate, including information about the brightness gradient between neighboring pixels. This approach also allows you to consider the fact that the object border often separates pixels that differ greatly in color than those that are similar in color. By taking pixels into account in aggregate, the methods are less sensitive to noise in the image than the pixel-by-pixel methods, and provide greater accuracy than the block-by-block methods. The disadvantage of methods based on the energy functional is the low speed of operation, which is determined by the low speed of energy minimization methods [30].

## **2 Basic gait signs**

The most common approaches to obtaining gait signs and their classification are: manual gait signs and training of signs. The first method involves determining the properties of binary masks obtained by processing the human silhouette or a detailed

research of kinetic parameters such as: the relative position of joints, relative distances and speeds.

The second method is typical for artificial neural networks, which are gaining popularity in solving many tasks related to computer vision, such as visual tracking, classification of objects on video, segmentation of images, etc.

No matter how successful the methods of in-depth training are, nowadays, the best result is achieved by shallow algorithms. Technological development is not standing still and in the near future everything can change. Therefore, both global approaches are worthy of detailed consideration.

### **2.1 Binary human silhouettes**

Gait Energy Image (GEI [34]) is currently the most common gait energy characteristic. These images are binary masks of a moving person's silhouette averaged over one cycle of gait. Usually they characterize the frequencies of a person's presence in this or that position during movement. This approach was the basis for many other methods of gait recognition, such as gait entropy recognition from gait images [35], where instead of averaging silhouettes, the entropy of each pixel is calculated, or by discrete Fourier transform of a set of silhouettes [36].

### **2.2 Human pose**

Another common approach is to examine a person's pose (position of key points of a figure – the main parts of the body and joints) in each frame received. Thus, in the storyboard work [37] the human skeleton is directly evaluated and the movement of key points is investigated: the speed and period of gait, relative angles between body points, the trajectory of knees, thighs and ankles are determined. Lu [38] in his approach suggests a multilayer deformable model characterizing the shape and dynamics of human body parts: their relative sizes, position and orientation.

### **2.3 Neural network approaches**

The convolutional neural networks have long settled on the top of the hikes in all tasks of computer vision, including the recognition of the gait. In some works, frames from video are used as the main information source – they are fed to the input

of neural network. As for the adjacent task of recognition of actions [39], classification by individual frames gives a satisfactory result. However, in many approaches the focus is on the movement of the human figure.

The second and most popular source of information, on the basis of which the training of networks is occurred, is binary silhouette masks, which have already been discussed when considering shallow methods. In the simplest case [40] convolution architecture is trained on individual silhouettes to predict the person to whom this silhouette belongs. In the method [41], a two-step algorithm first determines the angle of video shooting, and then predicts the person by original data and the found angle.

#### **2.4 Databases to recognize a person by gait**

OU-ISIR Large Population Dataset [42] and TUM-GAID [43] are the most common data sets for gait identification. OU-ISIR – consists of video sequences for 4000 people shot with two cameras (the shooting angle varies smoothly from  $55^\circ$  to  $85^\circ$ ) and therefore is used for multi-view recognition. In the TUM Base all videos were shot at an angle of  $90^\circ$ . Moreover, it is much smaller than the previous one, which is used for recognition on the side. In spite of this, it can be used for the most amount of approaches because it consists of full color videos. This database also contains data captured six months apart. Thanks to this, you can implement a check of the resistance of algorithms to changes in gait over time.

To assess the quality of the algorithms in these databases, the model is set to some part of the data (usually all videos for a subset of people), and then tested on another set of data, which consists of other people videos.

Table 1 shows the recognition results based on TUM-GAID. It should be noted that the highest accuracy is given by the only method [46] that does not use neural networks in its work. This indicates that shallow approaches are still not replaced by neural networks.

*Table 1. Results of recognition of video based on TUM–GAID*

Method	Precision
Zhang [34]	97.7%
Castro, SNN+ SVM [38]	98.0%
Marín. Jiménez [39]	98.9%
Castro [40]	99.2%

A more difficult test for human identification algorithms is the situation when there is a long period of time between video shots. As a rule, the quality of such experiments remains low. Table 2 shows the results of relevant studies. The drop-in accuracy of each of the algorithms is about 30%, and it can be argued that now algorithms do not react well to the difference in shooting time.

*Table 2. Results of video recognition, based on TUM–GAID, shot on different days*

Method	Precision
Castro, CNN + SVM [38]	59.4%
Marín. Jiménez [39]	63.6%
Castro, дескрипторы Фишера [40]	60.4%

The problem of the person identification by a gait type is still a pressing one these days: the majority of existing decisions still have not reached necessary accuracy and do not allow creating a perfect model. It is connected with a variety of conditions which influence the person's process of movement capture by the absence of universal sets of the data in which the greatest possible number of variants of a gait type are contained.