

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

---

Школа: Информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Отделение школы (НОЦ): Информационных технологий

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование и программная реализация методов визуализации мультимодальных научных данных</b>

УДК 004.42:004.92:001.103

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цапко Сергей Геннадьевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Елена Алексеевна	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Общепрофессиональные компетенции</i></b>	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	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.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

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

---

Школа: Информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Отделение школы (НОЦ): Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(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
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич

Тема работы:

Исследование и программная реализация методов визуализации мультимодальных научных данных	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №2621/с от 16.04.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Методы композиции нескольких трехмерных изображений, позволяющие сформировать мультимодальное изображение, а также способы их визуализации.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Аналитический обзор методов визуализации мультимодальных данных.</li><li>2. Мультимодальная визуализация, основанная на взаимной информации.</li><li>3. Мультимодальная визуализация, основанная на смешивании цветовых каналов.</li><li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li><li>5. Социальная ответственность.</li></ol>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в формате *.pptx

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна
Engineering of the information system of the student's contingent accounting	Кудряшова Александра Владимировна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Мультимодальная визуализация, основанная на смешивании цветовых каналов	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цапко С.Г.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич		

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

---

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 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

магистерской диссертации (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)
--

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.05.2018 г.	Основная часть	60
18.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
18.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цапко Сергей Геннадьевич	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Елена Алексеевна	к.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	Отделение информационных технологий
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности композиции нескольких трехмерных изображений, позволяющих сформировать мультимодальное изображение

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	Отделение информационных технологий
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Рассматриваются методы композиции нескольких трехмерных изображений, позволяющие сформировать мультимодальное изображение, объединив преимущества различных исследований и обеспечивая наиболее информативное отображение объекта. Рабочие место: Офисное помещение в котором содержится стол, стул и ПК.</p>
---	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>Вредные факторы: – неблагоприятный климат; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – статические перегрузки; – монотонная работа; – нервно-эмоциональное напряжение. Опасные факторы: – опасность поражения электрическим током; – короткое замыкание; – статическое электричество.</p> <p>Мероприятия по защите от вредных факторов включают в себя измерение текущих показателей вредных факторов и обеспечение соблюдения нормативных показателей. Для защиты от опасных факторов необходимо проводить организационные и технические мероприятия по предотвращению возникновения опасных ситуаций.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Объекты, несущие угрозу окружающей среде: – люминесцентные лампы; – комплектующие ПК и оборудования. Необходимо обеспечить утилизацию объектов в специальных организациях.</p>

<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>ЧС, которые могут возникнуть в процессе разработки и эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожар в здании.</li> </ul> <p>Требуется следовать инструкциям, чтобы не допустить возникновения ЧС. Однако, если ЧС произошло, требуется вызвать соответствующие службы для ликвидации последствий ЧС.</p>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<p>Описание правил компоновки рабочего места с учетом специфики работы исполнителя проекта и пользователя программного продукта. Трудовой кодекс РФ ФЗ №197 от 30.12.01, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ГОСТ 12.2.061-81.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			01.03.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич		01.03.2018

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 22 рис., 24 табл., 28 источников, 1 прил.

Ключевые слова: мультимодальные данные, визуализация, модальность, объединение изображений, взаимная информация, смешивание цветовых каналов, объемный рендеринг, поверхностный рендеринг.

Объектами исследования являются методы композиции нескольких трехмерных изображений, позволяющие сформировать мультимодальное изображение, а также способы их визуализации.

Цель работы – анализ и программная реализация методов, позволяющих сформировать мультимодальное изображение, и анализ применимости полученных результатов.

На начальном этапе работы был проведен литературный анализ существующих решений в области визуализации мультимодальных данных, в результате которого были выбраны наиболее применимые в рамках данной работы методы.

В результате исследования было разработано программное приложение, реализующее метод Р. Брамона, формирующее мультимодальное изображение из двух трехмерных изображений в автоматическом режиме. Также было разработано приложение, реализующее метод, основанный на смешивании цветовых каналов, с использованием WAVE Framework. Разработанные приложения обеспечивают объединение преимуществ различных методов исследования, предоставляя наиболее информативную визуализацию объекта.

Разработанные в рамках данной работы решения являются универсальными для различных направлений исследования, обеспечивая визуализацию мультимодальных данных из различных предметных областей.

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

WAVE (Web-based Analysis of Volumetric Extraction) – онлайн система для предварительного просмотра больших архивов 3D данных;

WebGL (Web-based Graphics Library) – программная библиотека для языка программирования JavaScript, позволяющая создавать на JavaScript интерактивную 3D-графику;

Воксел (англ. Voxel – образовано из слов: объёмный (англ. volumetric) и пиксель (англ. pixel)) – элемент объёмного изображения, содержащий значение элемента раstra в трёхмерном пространстве;

КТ – компьютерная томография;

МРТ – Магнитно-резонансная томография;

RGB (аббревиатура английских слов red, green, blue – красный, зелёный, синий) – аддитивная цветовая модель, как правило, описывающая способ кодирования цвета для цветовоспроизведения с помощью трёх цветов, которые принято называть основными.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	14
1 Методы формирования мультимодальных изображений.....	16
1.1 Анализ объемного изображения, основанный на сходстве мультимодальных поверхностей.....	16
1.2 Мультимодальная визуализация, основанная на взаимной информации 18	
1.2.1 Описание метода .....	18
1.2.2 Реализация метода.....	19
1.2.3 Канал связи .....	20
1.2.4 Преобразования канала связи .....	21
1.2.5 Критерии объединения .....	22
1.2.5.1 Симметричный критерий .....	22
1.2.5.2 Ассиметричный критерий .....	23
1.3 Результат.....	24
1.3.1 Набор исходных данных.....	24
1.3.2 Результат объединения .....	26
2 Мультимодальная визуализация, основанная на смешивании цветовых каналов .....	28
2.1 Описание метода.....	28
2.1.1 WAVE Framework .....	28
2.1.1.1 Описание работы WAVE Framework .....	30
2.1.1.2 Архитектура сервера.....	33
2.1.1.3 Архитектура клиента .....	34
2.2 Набор исходных данных .....	36
2.3 Диагностика раковой опухоли молочной железы.....	39
2.4 Реализация метода .....	40
2.5 Результат объединения: объемный рендеринг .....	43
2.6 Результат объединения: поверхностный рендеринг .....	44
2.7 Объединение объемного и поверхностного рендеринга .....	45
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	47

3.1	Предпроектный анализ .....	47
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	47
3.1.2	Анализ конкурентных решений.....	48
3.1.3	SWOT-анализ.....	49
3.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	52
3.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	53
3.2	Инициация проекта .....	54
3.2.1	Цели и результаты проекта .....	54
3.2.2	Ограничения и допущения проекта.....	55
3.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	56
3.3.1	План проекта.....	56
3.3.2	Бюджет научного исследования .....	57
3.3.3	Организационная структура проекта .....	62
3.4	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
3.4.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	63
3.4.1.1	Чистая текущая стоимость (NPV) .....	64
3.5	Оценка сравнительной эффективности исследования .....	68
4	Социальная ответственность .....	73
	Введение.....	73
4.1	Производственная безопасность.....	73
4.2	Микроклимат рабочего помещения.....	74
4.3	Производственное освещение .....	75
4.4	Производственные шумы .....	78
4.5	Монотонность труда.....	79
4.6	Степень нервно-эмоционального напряжения .....	80
4.7	Электробезопасность.....	81
4.8	Экологическая безопасность .....	82
4.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
4.10	Пожарная безопасность .....	85

4.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	86
Заключение .....	89
Список публикаций.....	90
Список литературы .....	91
Приложение А .....	94

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время увеличивается тенденция к сбору и анализу информации с использованием наборов данных одновременно из нескольких источников, так как это позволяет наиболее эффективно проводить комплексное исследование различных объектов. Несмотря на то, что данные, полученные из различных источников или при помощи различных методов, могут быть визуализированы отдельно, специалисту бывает трудно мысленно сопоставить несколько трехмерных изображений, особенно если пространственные отношения играют важную роль.

Актуальность работы обусловлена тем, что на сегодняшний день анализ трехмерных изображений все чаще применяется в различных областях, например, в машиностроении, медицине и неразрушающем контроле, значительно повышая эффективность, а во многих случаях являясь единственным возможным методом решения поставленной задачи.

**Цели и задачи исследования.** В данном исследовании основной целью является анализ и программная реализация методов, позволяющих сформировать мультимодальное изображение, и анализ применимости полученных результатов. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ существующих методов композиции нескольких трехмерных моделей;
- исследование и программная реализация метода композиции двух трехмерных моделей, основанного на теории информации, описанного в статье Роджера Брамона [1];
- разработка и анализ метода композиции нескольких трехмерных изображений, основанного на смешивании цветовых каналов.

**Объект и предмет исследования.** Объектами исследования являлись методы композиции нескольких трехмерных изображений, позволяющие

сформировать мультимодальное изображение, а также способы их визуализации.

**Новизна.** Существующие решения в области визуализации мультимодальных данных являются узкоспециализированными, что делает их неэффективными в большинстве областей исследований. Разработанные в рамках данной работы решения являются универсальными для различных направлений исследования, обеспечивая визуализацию мультимодальных данных из различных предметных областей.

**Практическая значимость результатов ВКР.** Разработанные решения могут упростить исследования, обеспечивая объединение преимуществ различных методов сканирования, предоставляя наиболее информативную визуализацию объекта.

**Апробация результатов диссертации.** В процессе работы над диссертацией результаты были направлены на XXIII Международную научно-практическую конференцию «Вопросы современных научных исследований» [2].

Также, в процессе работы был подготовлен доклад «Visualisation of Ultrasound Computer Tomography Breast Dataset», опубликованный в сборнике «International workshop on medical ultrasound tomography. Book of abstracts» [3].

# **1 МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

В рамках данной диссертации было проведено литературное исследование, в ходе которого были рассмотрены различные научные работы на предмет методов визуализации мультимодальных изображений. Наиболее применимыми в текущем исследовании оказались работы, в которых предложены методы формирования мультимодальных изображений в автоматическом режиме.

Анализ объемного изображения, основанный на сходстве мультимодальных поверхностей - Мартин Хайдакер, Стефан Брукнер и Эдуард Грослер [4]. Метод, описанный в данной статье позволяет объединить 2 набора данных, однако не может быть применим в данной работе, так как не предназначен для имеющегося набора данных. Далее этот метод рассмотрен более подробно.

Мультимодальная визуализация с использованием передаточных функций, основанных на теории информации - Мартин Хайдакер, Стефан Брукнер, Армин Каницар и М. Эдуард Грослерх [5]. В данной работе предложен метод, позволяющий объединить 2 набора данных, но требуя от пользователя задания передаточной функции и критериев объединения изображений. На результатах данного исследования основан следующий метод.

Объединение мультимодальных данных на основе взаимной информации - Роджер Брамон, Имма Боада, Антон Бардера, Хоаким Родригес, Микель Фейксас, Хосеп Пуиг и Матеу Сберт [1]. Метод, описанный в данной статье позволяет в автоматическом режиме объединить 2 набора данных. Далее подробно рассмотрена реализация этого метода.

## **1.1 Анализ объемного изображения, основанный на сходстве мультимодальных поверхностей**

Данный метод основан на понятии изоповерхности и позволяет сформировать мультимодальное изображение, отображая компоненты,

выбранные на основе теории информации и карт подобия, сформированных на основании введенных пользователем данных.

Во многих случаях разные типы материалов соответствуют различным диапазонам значений в наборе данных. Например, в медицинских наборах данных обычно имеются четко определенные диапазоны интенсивности, связанные с мягкой тканью, жиром и костью. Важным характеристическим параметром является значение интенсивности изоповерхности, которое определяет изоповерхность, представляющую границу конкретной области. Изоповерхности, однако, демонстрируют значительное количество избыточности и небольшие изменения, вызванные шумом и частичными объемными эффектами, что приводит к появлению многих подобных изоповерхностей. Гистограммы и другие статистические данные изоповерхности могут быть использованы для получения лучшей характеристики набора данных путем отображения распределений изоповерхностных свойств по диапазону значений данных. Однако они ограничены тем, что они обрабатывают каждую изоповерхность изолированно и поэтому не могут захватывать пространственные отношения между несколькими структурами. В качестве альтернативы, была введена мера для количественной оценки того, как много информации имеют две изоповерхности. Используется матрицу подобия изоповерхности для всех комбинаций значений изоповерхности в одном наборе данных как основу для идентификации соответствующих значений. Для мультимодальных данных трудно исследовать различия и сходства, основанные на статистике частоты появления значения изоповерхности, поскольку порядок и диапазон значений соответствующих данных могут значительно различаться [4].

Данный метод предполагает наличие изоповерхности, которая не может быть получена с существующим набором данных, так как используемый, в рамках данной работы, набор данных состоит из набора двумерных изображений, наложение которых формирует трехмерное изображение.

## **1.2 Мульти模альная визуализация, основанная на взаимной информации**

Взаимная информация представляет собой статистическую функцию двух случайных величин, описывающую количество информации, содержащееся в одной случайной величине относительно другой, или, в нашем случае, количество информации, содержащееся в одном изображении относительно другого.

### **1.2.1 Описание метода**

Данный метод основан на теории информации и позволяет автоматически выбирать наиболее важные фрагменты из двух трехмерных изображений, поступающих на вход, формируя мульти模альное изображение. Для каждой пары значений в каждой точке производится выбор наиболее информативной информации для получения данных. Метод универсален для различных областей исследования и не требует со стороны пользователя никаких дополнительных действий.

В случае, когда создается канал связи между двумя наборами данных, из теории информации известно, что взаимная информация определяет количество информации, которая является общей или передается между ними [6]. В контексте объединения мульти模альных данных важно отметить, что взаимная информация выражает информацию, содержащуюся в одном изображении, относительно другого. Другим важным фактом является то, что совместную информацию можно разложить разными способами для получения конкретной информации, связанной с каждым значением интенсивности. В данном подходе три определения конкретной информации применяются к определению критериев объединения, которые с разных точек зрения выбирают наиболее информативные воксели для создания объединенного набора данных.

Функция  $\text{Log}(p(x))$  используется чтобы получить информацию, связанную с интенсивностью значения и значением его градиента.[7] Затем полученная информация используется для сравнения важности каждого из

объединенных значений. В данном методе конкретная информация  $I(x;Y)$ , связанная с каждым значением интенсивности  $x$ , выражается тремя различными способами разложения взаимной информации  $I(X;Y)$ , которые соответствуют выражению (1).

$$p(y) = \sum_{x \in X} p(x)I(x;Y) \quad (1)$$

Для каждой пары значений конкретная информация будет использоваться для выбора наиболее информативного значения, которое должно быть представлено в объединенной модели.

Таким образом, для объединения двух изображений данным методом, должны быть выполнены этапы, рассмотренные далее.

1. Формирование канала связи. Канал связи определяется между двумя зарегистрированными мультимодальными наборами данных. Этот канал позволяет нам рассматривать взаимную информацию между наборами данных.

2. Вычисление конкретной информации. Для каждого набора данных вычисляется информация, связанная с каждым значением интенсивности. Эта информация также называется конкретной информацией. Представлены три информационные меры, выраженные из взаимной информации тремя различными способами соответственно. Для каждого набора данных определяется конкретная информация, связанная с каждым значением интенсивности.

3. Выбор вокселей конечного изображения на основании критериев объединения. Объединенное изображение формируется из самых информативных вокселей наборов исходных данных. То есть для каждой пары вокселей в каждой точке выбирается наиболее информативный (то есть с наивысшей конкретной информацией) для объединенного набора данных.

### **1.2.2 Реализация метода**

В рамках данной работы была выполнена реализация данного метода на языке C++. Разработанное приложение обрабатывает два набора двумерных

изображений, подаваемых на вход. Результатом работы приложения является набор двумерных изображений, содержащий наиболее информативные фрагменты входных изображений.

### 1.2.3 Канал связи

Связь между двумя изображениями может быть представлена каналом связи  $X \rightarrow Y$  между величинами  $X$  (вход) и  $Y$  (выход), которые представляют собой, соответственно, набор значений интенсивности  $x$  изображения  $X$  и набора интенсивностей  $y$  изображения  $Y$  (Рисунок 1)[1].

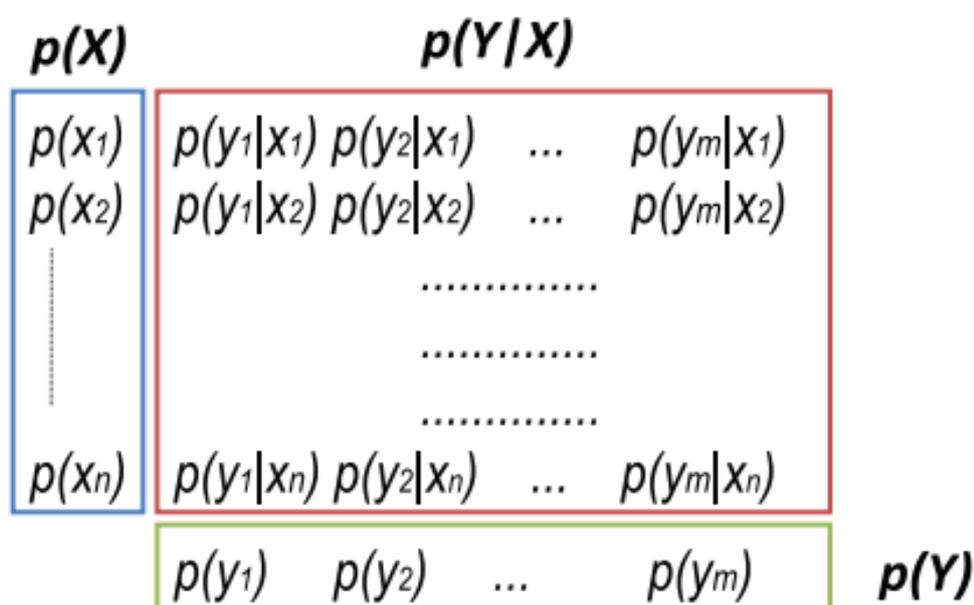


Рисунок 1 – Канал связи  $X \rightarrow Y$

Канал  $X \rightarrow Y$  определяется условной вероятностной матрицей  $p(Y|X)$ . Для формирования этой матрицы, необходимо построить гистограммы, отражающие частоту появления вокселей с определенным значением интенсивности. Условная вероятностная матрица  $p(Y|X)$  выражает, как ячейки гистограммы интенсивности вокселей изображения  $X$ , сопоставляются с ячейками гистограммы интенсивности изображения  $Y$ . Эти два зарегистрированных изображения, интегрируются в общую модель с  $N$  вокселями. Канал  $X \rightarrow Y$  состоит из трех компонентов:

1. Входное распределение  $p(X)$ , которое представляет нормированную частоту каждого значения интенсивности  $x$ , задается формулой (2).

$$p(x) = \frac{n(x)}{N} \quad (2)$$

где  $n(x)$  - количество вокселей со значением интенсивности  $x$ ,  
 $N$  - общее количество вокселей.

2. Матрица условных вероятностей  $p(Y|X)$ , представляющая собой набор вероятностей перехода из каждого вокселя, с соответствующим значением интенсивности изображения  $X$  в соответствующий воксель изображения  $Y$ , определяется выражением (3).

$$p(y|x) = \frac{n(x,y)}{n(x)} \quad (3)$$

где  $n(x)$  - число вокселей с интенсивностью  $x$  в изображении  $X$ ,  
 $n(x,y)$  - число вокселей с интенсивностью  $x$ , таких, что соответствующий воксель в изображении  $Y$  имеет интенсивность  $y$ .

3. Выходное распределение  $p(Y)$ , которое представляет собой нормированную частоту появления вокселя со значением интенсивности  $y$ .  
 Дается выражением (4).

$$p(y) = \sum_{x \in X} p(x)p(y|x) = \frac{n(y)}{N} \quad (4)$$

где  $n(y)$  - число вокселей, соответствующих значению интенсивности  $y$ .

Далее рассмотрены различные преобразования канала связи в соответствии с формулой взаимной информации.

#### 1.2.4 Преобразования канала связи

Взаимная информация выражает количество информации, содержащееся в одной величине относительно другой. В рассматриваемом случае, взаимная информация представляет информацию, содержащуюся в наборе значений интенсивности изображения  $X$  относительно набора интенсивностей изображения  $Y$ . Эта интерпретация может быть расширена, чтобы определить, например, информацию, связанную со значением интенсивности  $x \in X$ , т.е. информация, полученная из  $Y$ , при наблюдении значения интенсивности  $x$ . Для получения информации, связанной со значением интенсивности, можно по-

разному разложить формулу взаимной информации (5). В работе Р. Брамона приведены 3 способа выражения информации, связанной со значением интенсивности при помощи канала связи  $I_1$  (6),  $I_2$  (7),  $I_3$  (8) [6]:

$$I(X; Y) = \sum_{y \in Y} \sum_{x \in X} p(x, y) \log \left( \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \right), \quad (5)$$

$$I_1(x; Y) = \sum_{y \in Y} p(y|x) \log \frac{p(y|x)}{p(y)}, \quad (6)$$

$$I_2(x; Y) = - \sum_{y \in Y} p(y) \log p(y) + \sum_{y \in Y} p(y|x) \log p(y|x), \quad (7)$$

$$I_3(x; Y) = \sum_{y \in Y} p(y|x) I_2(y; X), \quad (8)$$

Данные выражения используются в дальнейшем для определения вокселей, формирующих мультимодальное изображение.

### 1.2.5 Критерии объединения

Для формирования конечного изображения необходимо объединить информацию, полученную из двух входных изображений. Для этого были выведены две различные стратегии слияния, основанные на ранее определенных мерах  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$ . Во-первых, представлен симметричный метод, который сравнивает одну и ту же конкретную меру информации в обоих изображениях и, таким образом, не расставляет приоритет ни одному из двух входных изображений. Во-вторых, вводится асимметричный метод, который учитывает две разные меры информации ( $I_2$  и  $I_3$ ) одного и того же набора данных и, следовательно, дает разные результаты в зависимости от выбранного набора данных (набора справочных данных). Далее, оба метода описаны подробно.

#### 1.2.5.1 Симметричный критерий

Результирующий набор данных  $Z$ , представленный случайной величиной  $z$ , выражается из двух наборов входных данных  $X$  и  $Y$ ,

представленных случайными величинами  $x$  и  $y$  соответственно. Предположим, что в каждом вокселе переменная  $z$  принимает значение  $x \in X$  или  $y \in Y$  в зависимости от критерия оптимизации информации. Стратегия симметричного слияния основана на предположении, что, выбирая наиболее информативные значения интенсивности, наиболее важные структуры входных моделей будут представлены в конечном изображении. Были выведены три симметричных критерия (9-11), основанные на трех конкретных информационных мерах, определенных в предыдущем разделе.

$$z = \begin{cases} x, & \text{if } I_1(x; Y) > I_1(y; X) \\ y, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (9)$$

$$z = \begin{cases} x, & \text{if } I_2(x; Y) > I_2(y; X) \\ y, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (10)$$

$$z = \begin{cases} x, & \text{if } I_3(x; Y) > I_3(y; X) \\ y, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (11)$$

Эти критерии предназначены для расчета значения интенсивности вокселя конечного изображения [1].

### 1.2.5.2 Ассиметричный критерий

Ассиметричный метод предполагает, что в каждом вокселе переменная  $z$  принимает значение  $x$  или  $y$  в зависимости от критерия оптимизации, основанного на значениях  $I_2$  и  $I_3$ , взятых из одного и того же набора данных (набор справочных данных). Как указано выше,  $I_2(x; Y)$  измеряет предсказуемость значения интенсивности  $x$  по переменной  $Y$  и  $I_3(x; Y)$  собирает предсказуемость значений интенсивности  $Y$ , связанных с интенсивностью  $x$ . Введем критерий, основанный на сравнении показателей  $I_2$  и  $I_3$  из набора данных  $X$ , где значение интенсивности вокселя конечного изображения  $z$  задается формулой (12)

$$z = \begin{cases} x, & \text{if } I_2(x; Y) > I_3(x; Y) \\ y, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (12)$$

Данный критерий позволяет рассчитать значение интенсивности вокселя конечного изображения на основе критериев  $I_2$  и  $I_3$ .

### **1.3 Результат**

В ходе выполнения работы было разработано программное приложение на языке C++, реализующее метод, описанный в статье Р. Брамона. Приложение получает на вход 2 набора данных, представляющих собой наборы двухмерных изображений. Эти наборы двумерных изображений формируют два трехмерных изображения соответственно. Результатом работы приложения является аналогичный набор данных, представляющий собой мультимодальное изображение, сформированное при помощи данного метода.

#### **1.3.1 Набор исходных данных**

Для апробации программного продукта был выбран набор данных, представляющий собой результат сканирования методом компьютерной томографии детали, являющейся частью водительского кресла автомобиля. Визуализация осуществлена при помощи пакета обработки изображений Fiji, предназначенного для анализа научных данных. Наборы данных представлены в виде наборов двухмерных изображений, наложенных друг на друга (Рисунок 2).

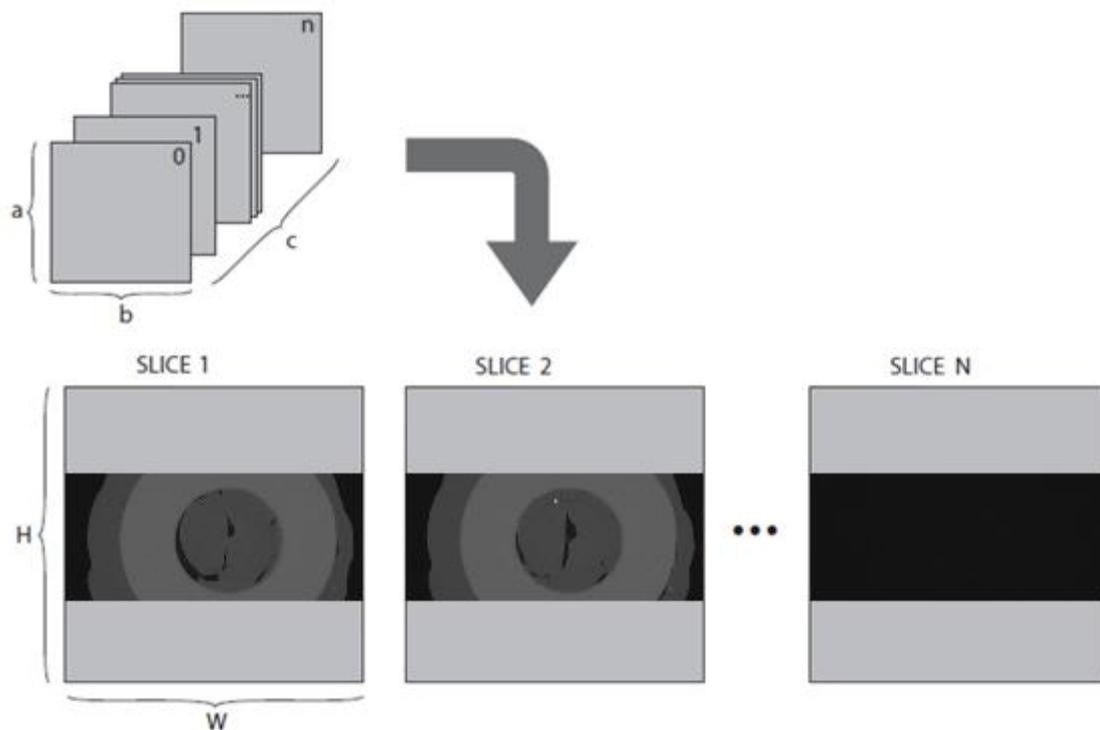


Рисунок 2 – Представление наборов данных

Сканирование осуществлялось двумя различными методами:

1. Классическим методом, основанном на затухании рентгеновских лучей (Рисунок 3)



Рисунок 3 – Модальность 1

2. Методом фазового контраста, основанном на преломлении рентгеновских лучей (Рисунок 4)

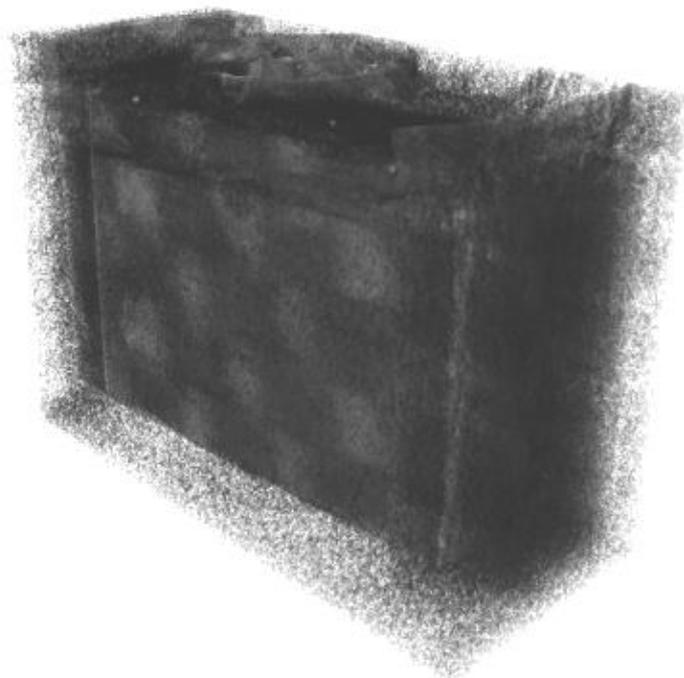


Рисунок 4 – Модальность 2

Комплексное исследование данного объекта может быть затруднительно ввиду особенностей методов сканирования. В первом случае видны только наиболее прочные фрагменты, из-за чего из виду упускаются элементы меньшей плотности, а во втором случае отображаются все элементы с небольшой плотностью из-за чего изображение сильно зашумлено.

### **1.3.2 Результат объединения**

В результате объединения исходных изображений методом, основанном на взаимной информации, было сформировано изображение, содержащее в себе фрагменты каждого из этих изображений (Рисунок 5). В данном случае, для формирования конечного изображения, используется симметричный критерий объединения  $I_2$ . Для большей наглядности фрагменты каждой из модальностей представлены разными цветами: модальность 1 – красный, модальность 2 – синий. Также для наилучшего восприятия цветов был выбран серый цвет фона.

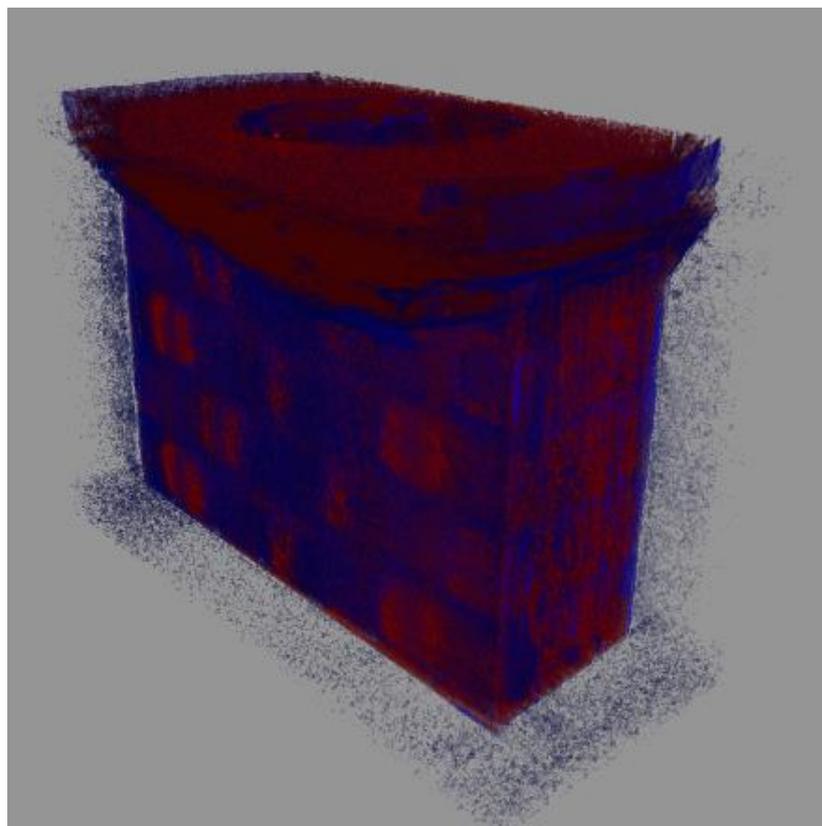


Рисунок 5 – Результат объединения

Изображение, полученное в результате объединения, содержит основные фрагменты каждого из исходных изображений. Отчетливо видны как наиболее прочные элементы первой модальности, так и значительная часть элементов второй модальности, что обеспечивает четкую видимость всего объекта независимо от прочности отдельных элементов, устраняя недостатки исходных изображений.

## **2 МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, ОСНОВАННАЯ НА СМЕШИВАНИИ ЦВЕТОВЫХ КАНАЛОВ**

Изображение в цветовой модели RGB состоит из трёх каналов, каждому из которых может быть присвоено значение интенсивности определенного цвета. Таким образом, при использовании данной цветовой модели, в каждом вокселе изображения может храниться 3 различных значения интенсивности.

### **2.1 Описание метода**

Данный метод позволяет сформировать мультимодальное изображение, объединяющее 3 модальности, путем представления каждой из них одним из каналов R, G, B соответственно. Значение интенсивности для каждого цветового канала конкретного вокселя задается на основе значения интенсивности соответствующего вокселя входных данных без каких-либо преобразований [7]. Данный метод универсален для всех областей исследований и требует от пользователя настройки параметров конечного изображения для максимально эффективного анализа.

Для программной реализации данного метода были использованы базовые методы и средства разработки WAVE Framework'a – решения, созданного отделом визуализации данных Технологического института Карлсруэ.

#### **2.1.1 WAVE Framework**

В ходе научных исследований зачастую генерируются большие объемы данных. Например, в энтомологическом эксперименте с синхротронной установкой ANKA [8], размеры каждого отсканированного образца составляли от 32 до 150 ГБ. Со временем появляется множество наборов данных, создаваемых ежемесячно, в результате чего образуются терабайты данных. Для обработки такого большого объема данных возникает новая тенденция в политике управления данными, где данные эксперимента хранятся в одном месте, предоставляя облачные услуги для обработки извне. Первоначально, во

время фазы эксперимента, данные хранятся на сервере обработки данных, но, когда эти данные больше не используются в активном режиме, они перемещаются в долгосрочный архив для более удобного хранения, например, на магнитных лентах или оптических дисках. Однако доступ к этим архивным данным удаленно приводит к значительным дополнительным задержкам. Если ученые хотят получить эти наборы данных, они часто ссылаются на связанные метаданные, но нет никакой гарантии, что метаданные полностью описывают набор данных. Вместо этого гораздо эффективнее получить предварительный просмотр данных, содержащихся в архиве вместе с его метаданными, представляющий собой версию большого набора данных уменьшенного размера, используемую для распознавания и организации данных [9].

Таким образом WAVE Framework предоставляет возможность визуализации предварительного просмотра больших объемов данных, хранящихся на сервере. Визуализация предварительного просмотра осуществляется в интерактивном режиме, с возможностью получения высококачественной визуализации по требованию пользователя. WAVE Framework представлен структурой, которая обеспечивает предварительный просмотр больших объемов данных для широкого круга клиентских аппаратных средств, охватывающего устройства от мобильных телефонов до мощных настольных компьютеров. Инфраструктура WAVE обеспечивает адаптивное решение, которое настраивает качество изображения в соответствии с доступными клиентскими ресурсами, пропускной способностью сети и требованиями пользователей. В частности, балансируются нагрузки между предварительной обработкой данных в автономном режиме, подготовкой данных онлайн-сервера и визуализацией клиента. для просмотра данных и анализа данных для широкого спектра клиентских устройств применяется интерактивная масштабируемость. Из-за разнообразия клиентских требований к оборудованию размер поддерживаемых данных также отличается соответствующим образом. Для решения этой проблемы используются карты изображений с соответствующими разрешениями, обмениваемые между

сервером и клиентом [3]. Карты изображений - это трехмерная структура данных в виде изображения, представленного мозаикой, которое составлено из серии двумерных изображений, формирующих трехмерное изображение. Набор карт изображений различного разрешения для обрабатываемого набора данных формируется предварительно в качестве кэша. Для достижения оптимального качества изображения с высокой производительностью WAVE Framework выбирает кэш с подходящим уровнем детализации, оценивая визуальное разрешение и производительность клиентского графического устройства. Более того, простота карт изображений позволяет оптимизировать задачи обработки между сервером и клиентом, минимизируя передачу данных и нагрузку на сервер для лучшей масштабируемости.

Используя ресурсы как клиента, так и сервера, структура WAVE может создавать интерактивный 3D-просмотр на большинстве клиентских устройств, не ограничиваясь ни размером данных, ни задержкой данных. WAVE Framework поддерживает подход *zoom-ondemand*, который перезагружает выбранную пользователем область, используя кэши с высоким уровнем детализации. WAVE Framework находится в свободном доступе с открытым исходным кодом. Он применим к любым научным областям, где требуется интерактивный 3D-просмотр данных.

### **2.1.1.1 Описание работы WAVE Framework**

В WAVE Framework используется подход, основанный на интерактивной масштабируемости, где основная работа с данными производится на этапе предварительной оффлайн обработки данных, этапе подготовки данных на сервере и этапе визуализации клиента. Как показано на рисунке 6, этап предварительной обработки автономных данных отслеживает новые входящие данные из эксперимента (шаг 1) и кэширует данные с различным уровнем детализации (этап 2). В зависимости от производительности клиента WAVE Framework выбирает наиболее оптимальные данные кэша, которые обеспечивают визуальное качество в

соответствии с полосой пропускания (шаг 3). Затем на этапе визуализации на клиенте отображаются выбранные данные, при помощи прямого или поверхностного рендеринга. Во время этапа подготовки данных на сервере в результате пользовательского запроса генерируется карта изображений с высоким разрешением. Сгенерированная карта использует данные кэша для уменьшения времени ожидания. Чтобы справиться с увеличивающимся размером данных на сервере, данные, которые больше не используются в активном режиме, переносятся в выделенный удаленный архив (шаг 4). В то же время не оптимальные кэши очищаются при сохранении оптимальных кэшей. Эти оптимальные данные кэша впоследствии будут обеспечивать предварительный просмотр данных [9].

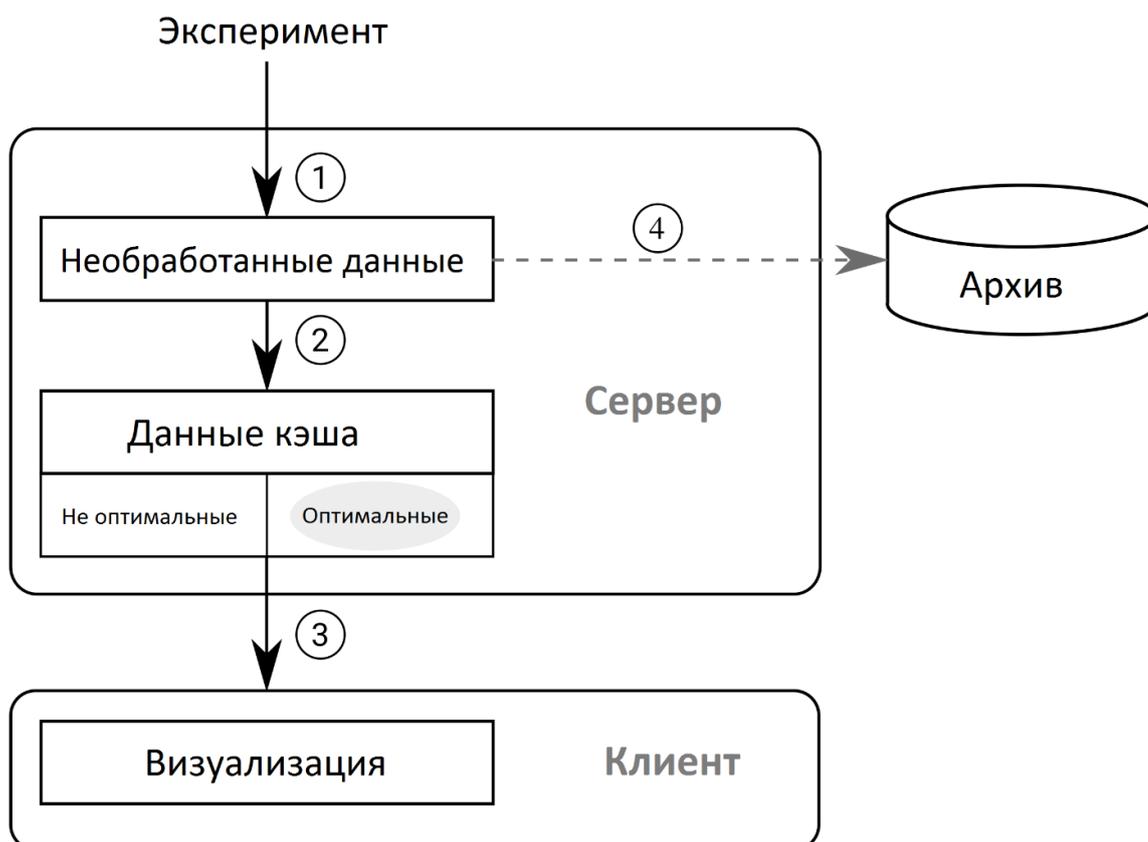


Рисунок 6 – Обработка данных в WAVE Framework

В данном случае использование карт изображений мотивируется отсутствием поддержки 3D-текстур в WebGL. Это ограничение привело к необходимости эмулирования 3D-текстуры с использованием доступной

функции 2D-текстуры. Благодаря упаковке изображений в мозаичный формат, появляется возможность загрузить карту изображений в память текстуры, после чего при помощи пиксельного шейдера вычисляются координаты  $x$ ,  $y$  из координаты  $z$  в соответствующей карте изображений. Например, трехмерное изображение  $256 \times 256 \times 64$  представляет собой карту изображений с разрешением  $2048 \times 2048$  пикселей, размещенную в виде сетки  $8 \times 8$  с размером каждого из изображений  $256 \times 256$  пикселей. На рисунке 7 представлен пример карты изображений  $8 \times 8$  [3].

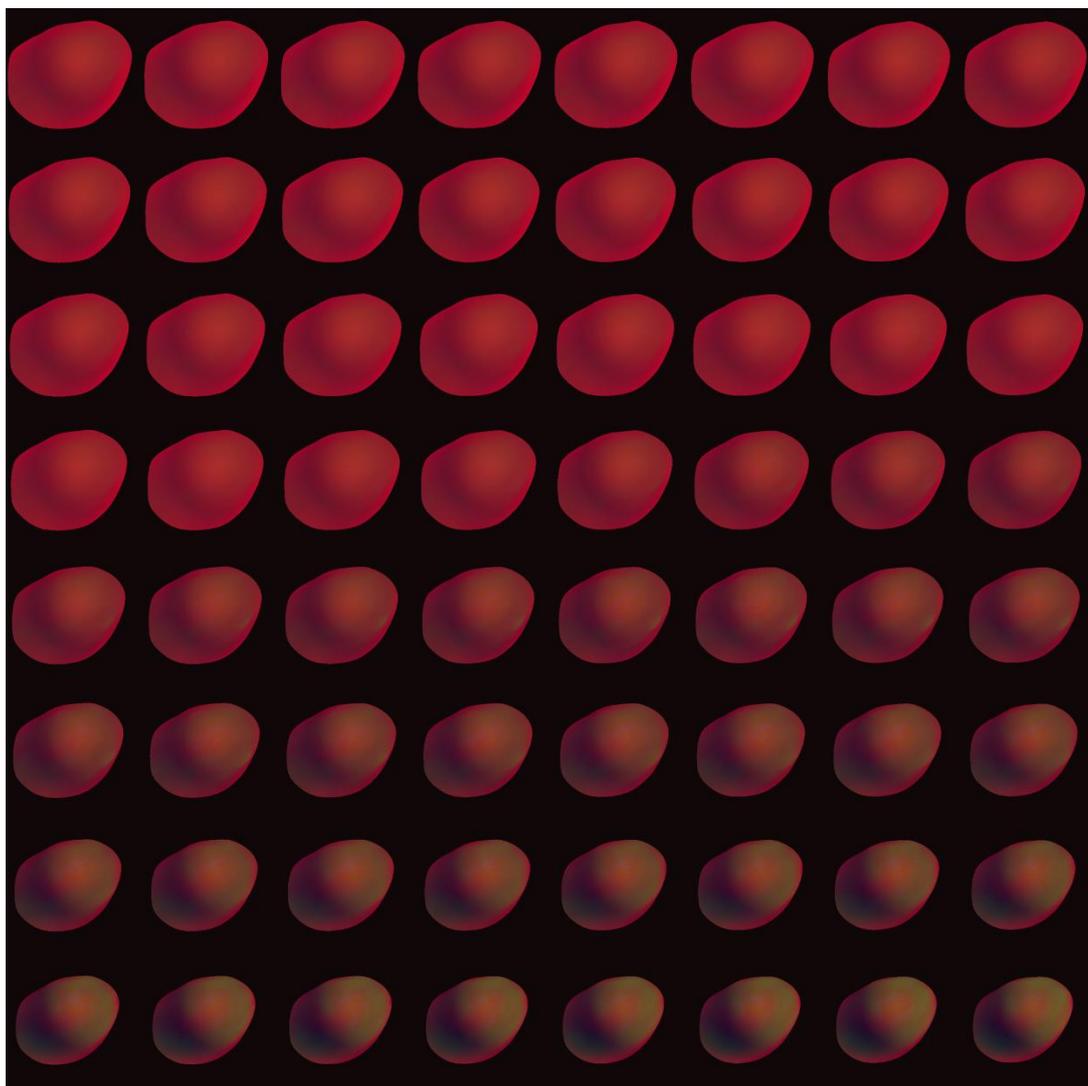


Рисунок 7 – Карта изображений  $8 \times 8$

### 2.1.1.2 Архитектура сервера

На рисунке 8 представлена архитектура сервера WAVE, где каждый набор данных подвергается сокращению и кэшированию данных перед тем, как направить карту изображений клиенту.

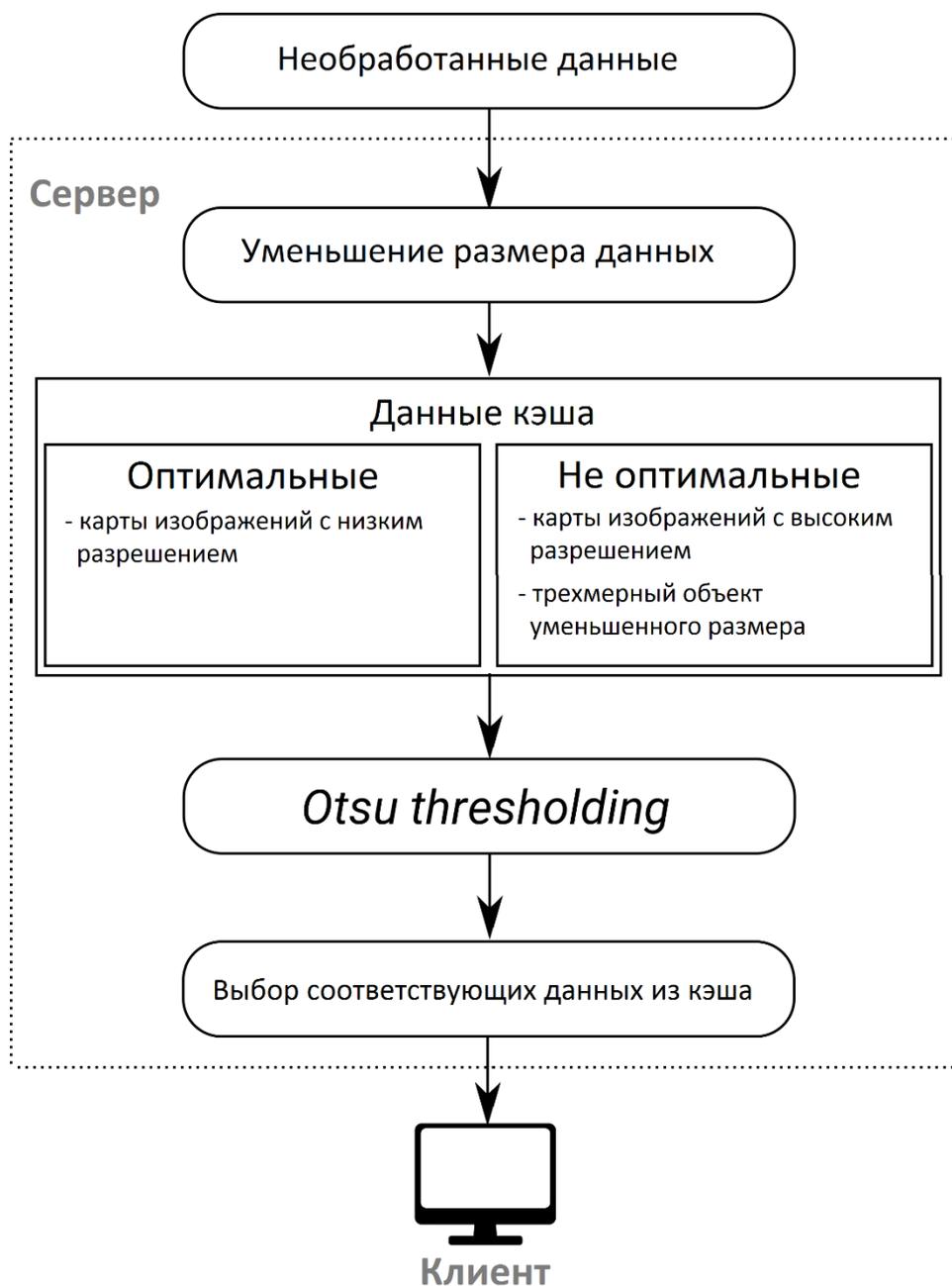


Рисунок 8 – Архитектура сервера WAVE

Начиная с этапа взаимодействия с необработанными данными, служба `stop` контролирует входящие наборы данных и запускает серию пакетных заданий, в результате выполнения которых размер данных уменьшается, и они

преобразуются в форматы кэша. Эти форматы классифицируются как карты изображений с низким разрешением, карты изображений с высоким разрешением и уменьшенный трехмерный объект [9]. Имея доступную информацию о кэше, WAVE Framework выполняет загрузку, сначала загружая карту изображений низкого разрешения, а затем загрузку соответствующей карты изображений с высоким разрешением в фоновом режиме. Соответствующая карта изображений с высоким разрешением в этом контексте представляет собой карту, которая удовлетворяет требованиям к аппаратному обеспечению клиента.

Также допустимо формирование карт изображений с уровнем детализации выше, чем карта с высоким разрешением в режиме масштабирования по требованию. Во время создания карты изображений объект с уменьшенным масштабом, хранящийся в кэше, используется для уменьшения времени ожидания. Карта изображений с низким разрешением сохраняется как постоянный кэш, в то время как другие кэши не сохраняются.

### **2.1.1.3 Архитектура клиента**

Клиент WAVE реализован на языке Javascript, с использованием библиотеки ThreeJS и WebGL. Язык Javascript предлагает независимость от платформы, и может быть интерпретирован практически любым современным клиентским браузером. На рисунке 9 представлена архитектура клиента WAVE, которая состоит из основного уровня, уровня обработчика событий и уровня API. Основной слой отвечает за отображение карты изображений. Внутри основного слоя средства визуализации и шейдерные компоненты выполняют прямой объемный рендеринг способом, описанном в работе Крюгера и Вестерманна [11] и модели локального освещения поверхности с использованием модели Blinn-Phong. WAVE поддерживает как объемный рендеринг, так и методы поверхностного рендеринга, однако метод объемного рендеринга больше подходит для визуализации нового набора данных из-за его способности проверять внутреннюю структуру. Метод поверхностного

рендеринга обеспечивает наилучшее качество изображения в сегментированном наборе данных.

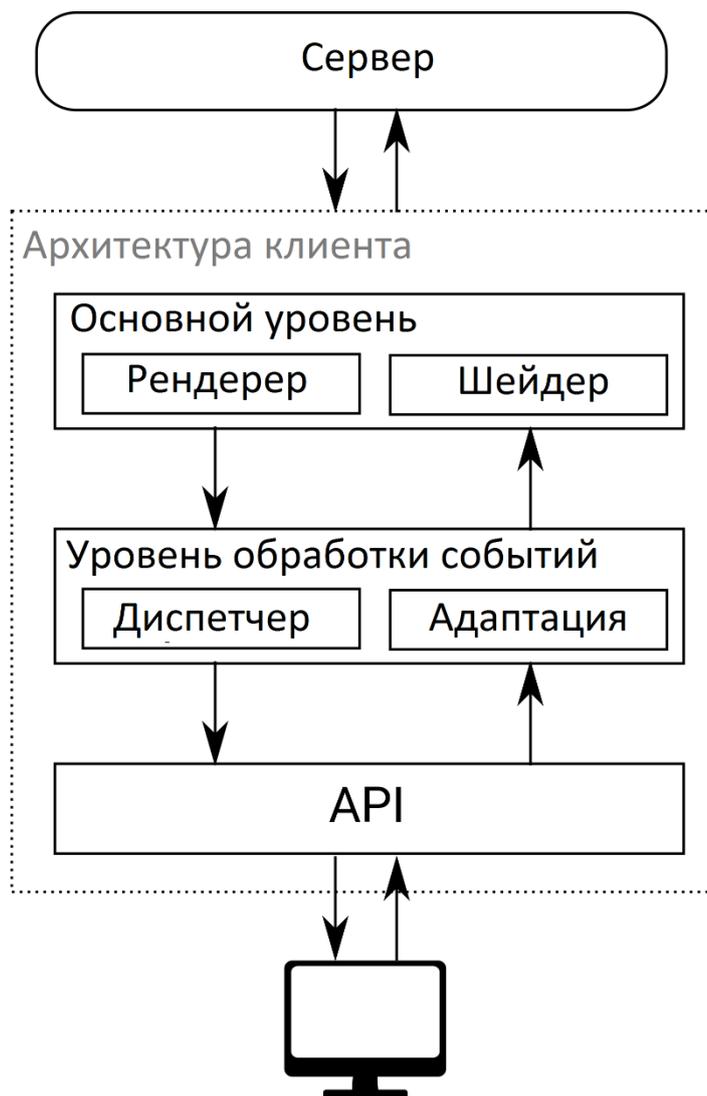


Рисунок 9 – Архитектура клиента

При объемном рендеринге луч формируется с определенным размером шага. Благодаря изменению размера шага, производительность и визуальная часть визуализированного объекта могут быть соответствующим образом адаптированы. Это вопрос компромисса между производительностью и детализацией, где большой размер шага приводит к более быстрому рендерингу, но ухудшает качество визуальных деталей. Размер шага уменьшается во время динамического перемещения 3D-объекта и увеличивается, когда объект статичен [3].

Чтобы облегчить взаимодействие пользователей с браузером, клиент WAVE предоставляет набор API. Вызовы API позволяют пользователю напрямую работать с базовым слоем из браузера. Кроме того, они обеспечивают легкую интеграцию в различные веб-приложения с различными конструкциями и макетами. В слое обработчика события компонент адаптации и компонент диспетчера регулируют состояние пользователя и состояние основного уровня между клиентом WAVE и пользовательским интерфейсом. В частности, клиентская среда предоставляет четыре функции для проверки и анализа набора данных:

1. Выбор порога значения серого.
2. Настройка передаточной функции.
3. Изменение положения камеры.
4. Разрезание трехмерного объекта.

Первая функция полезна для проверки нового набора данных, где выбрано пороговое значение серого для удаления нежелательного фона. Вторая функция позволяет обновлять передаточные функции. Каждому серому значению присваивается цвет в соответствии с выбранной функцией, чтобы помочь в классификации набора данных. Третья функция изменяет положение камеры зрителя в 3D-сцене, позволяя пользователю просматривать 3D-данные под любым углом и с любым расстоянием. Последняя функция разрезает трехмерный объект в направлениях  $x$ ,  $y$  и  $z$ , обеспечивая пользователю возможность изучить внутреннюю структуры набора данных [9].

## **2.2 Набор исходных данных**

Медицинская визуализация играет жизненно важную роль в диагностике и выявлении ранних симптомов. В частности, визуализация анатомии модели молочной железы позволяет врачам или специалистам определить первые признаки раковой опухоли. Однако, несмотря на продвижение в методах визуализации, большинство стандартных подходов к визуализации в медицинской области все еще зависят от анализа 2D-изображений, которые не

содержат пространственной информации. Рассматриваемый подход к визуализации позволяет решить эту проблему.

Для апробации описываемого метода был выбран набор данных, представляющий собой результат сканирования молочной железы на предмет опухоли при помощи ультразвуковой компьютерной томографии. Наборы данных представлены в виде наборов двумерных изображений, наложенных друг на друга и формирующих трехмерные изображения.

Сканирование осуществлялось тремя различными методами:

1. Классическим методом, основанном на затухании ультразвуковых волн (Рисунок 10)

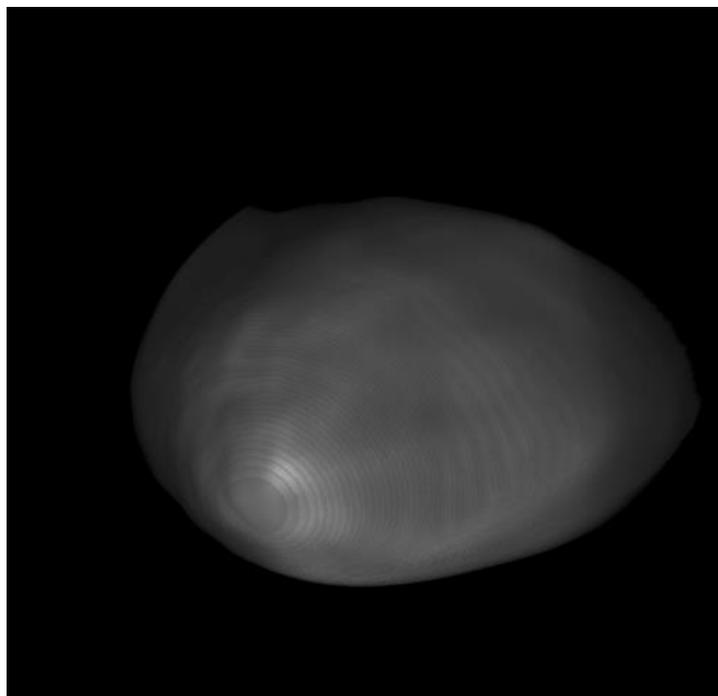


Рисунок 10 – Модальность 1

2. Методом, основанном на отражении ультразвуковых волн (Рисунок 11)

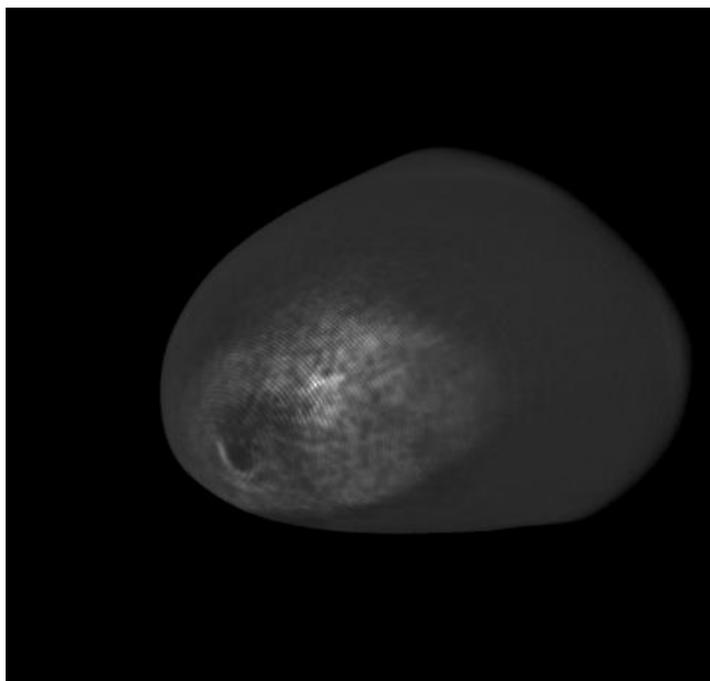


Рисунок 11 – Модальность 2

3. Методом измерения скорости звука при прохождении сквозь объект  
(Рисунок 12)

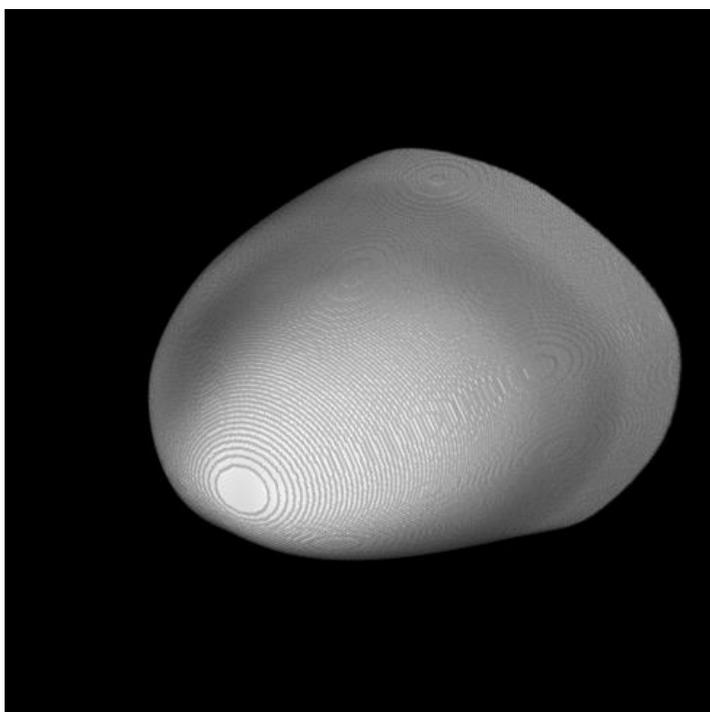


Рисунок 12 – Модальность 3

При рассмотрении данных изображений по отдельности, специалисту очень сложно предположить в какой именно области может находиться

опухоль. Согласно исследованию Брайана Рейнджера [10], для максимально точной диагностики необходимо проанализировать пересечение вокселей этих модальностей в определенных диапазонах значений интенсивности.

### **2.3 Диагностика раковой опухоли молочной железы**

Ranger предложил способ диагностики опухоли молочной железы при помощи ультразвукового топографического сканирования как альтернативу дорогостоящему МРТ-сканированию.

Для диагностики опухоли используются результаты сканирования молочной железы на предмет опухоли при помощи ультразвуковой компьютерной томографии тремя методами:

1. Классическим методом, основанном на затухании ультразвуковых волн.
2. Методом, основанном на отражении ультразвуковых волн.
3. Методом измерения скорости звука при прохождении сквозь объект.

Качественные и количественные сопоставления клинических изображений МРТ и ультразвуковой томографии были использованы для идентификации анатомических сходств и порогов значений интенсивности для форм и объемов опухоли. Экспериментальным путем было установлено, что ультразвуковая компьютерная томография может быть использована в качестве альтернативы МРТ-сканированию.

На рисунке 13 представлены диапазоны значений интенсивности мультимодального изображения, позволяющие при их пересечении диагностировать раковую опухоль. Изображение, полученное методом основанном на отражении ультразвуковых волн, представляет собой волокнистую структуру и используется в качестве фона. Для скорости звука применяются два отдельных порога:  $1,46 \pm 0,01$  км/с, чтобы показать паренхиму и  $1,52 \pm 0,03$  км/с, чтобы изобразить твердую массу. Порог  $0,16 \pm$

0,04 дБ/см, а затем логические операторы И и НЕ применяются к затуханию изображения соответственно [10].

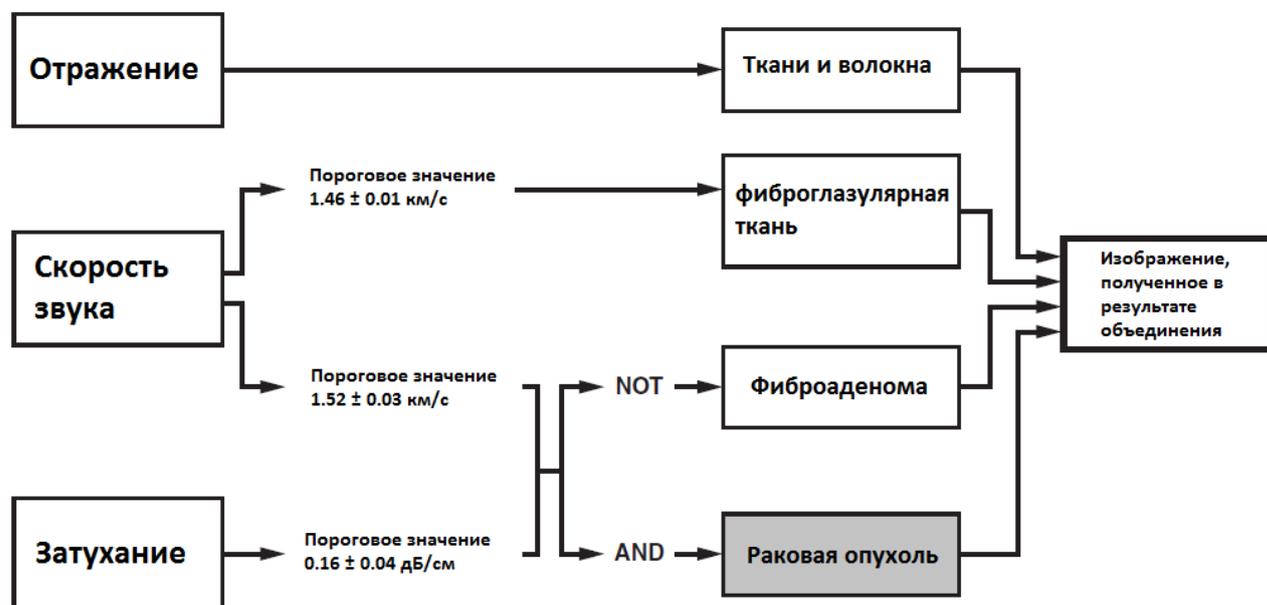


Рисунок 13 – Диапазоны значений интенсивности

## 2.4 Реализация метода

Цель визуализации набора данных, полученного в результате сканирования при помощи метода ультразвуковой компьютерной томографии заключается в том, чтобы позволить врачам или исследователям эффективно выявлять возможные области опухолей. Следовательно, отображение пространственной информации набора данных имеет решающее значение. По этой причине используются методы прямого объемного рендеринга и поверхностного рендеринга в качестве основных методов визуализации. Для отображения научного набора данных как правило используется прямой объемный рендеринг [12]. Также была частично использована модель частиц, описанная в статье Х. Макса [13], в которой интенсивность в каждой позиции постоянна вдоль направления смотрового луча. Таким образом, получается изображение, подобное рентгенограмме, где данные наиболее плотные, но насыщаются с максимальной интенсивностью.

Кроме того, визуальное качество улучшается благодаря применению симуляции реального мира - отражению и преломлению, в частности, эмпирической модели освещения Фонга, которая описывает взаимодействие света на каждой точке поверхности [14]. Расположение источников освещения модели данных имитирует настройку освещения в фотостудии. Поскольку модель находится в ограничительной рамке, источники света размещаются по углам коробки (рисунок 14).

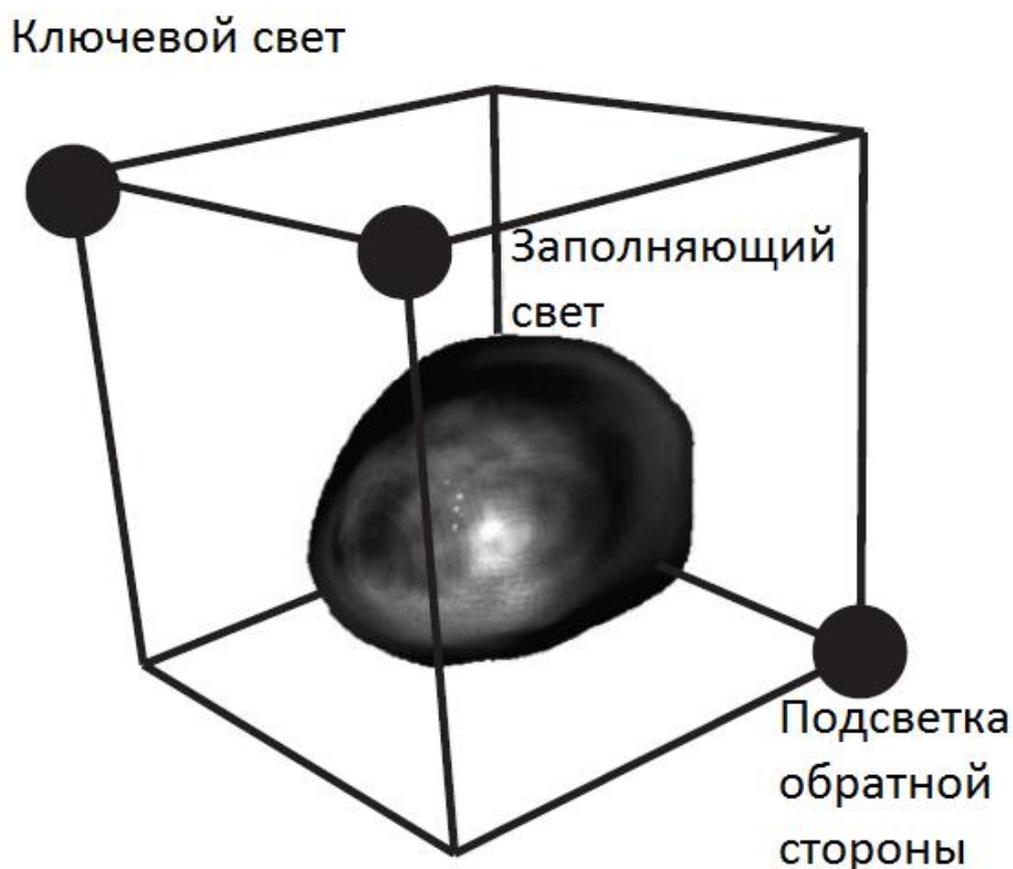


Рисунок 14 – Размещение источников освещения

Конструкция освещения состоит из трех световых компонентов: ключевого света, заполняющего света и подсветки обратной стороны (рисунок 15). Обычно в фотостудии освещение и модель статичны, а фотограф перемещается вокруг модели, чтобы найти лучший угол съемки. В нашем случае наоборот, зритель статичен, а осветительные приборы и модель вращаются вдоль осей модели.

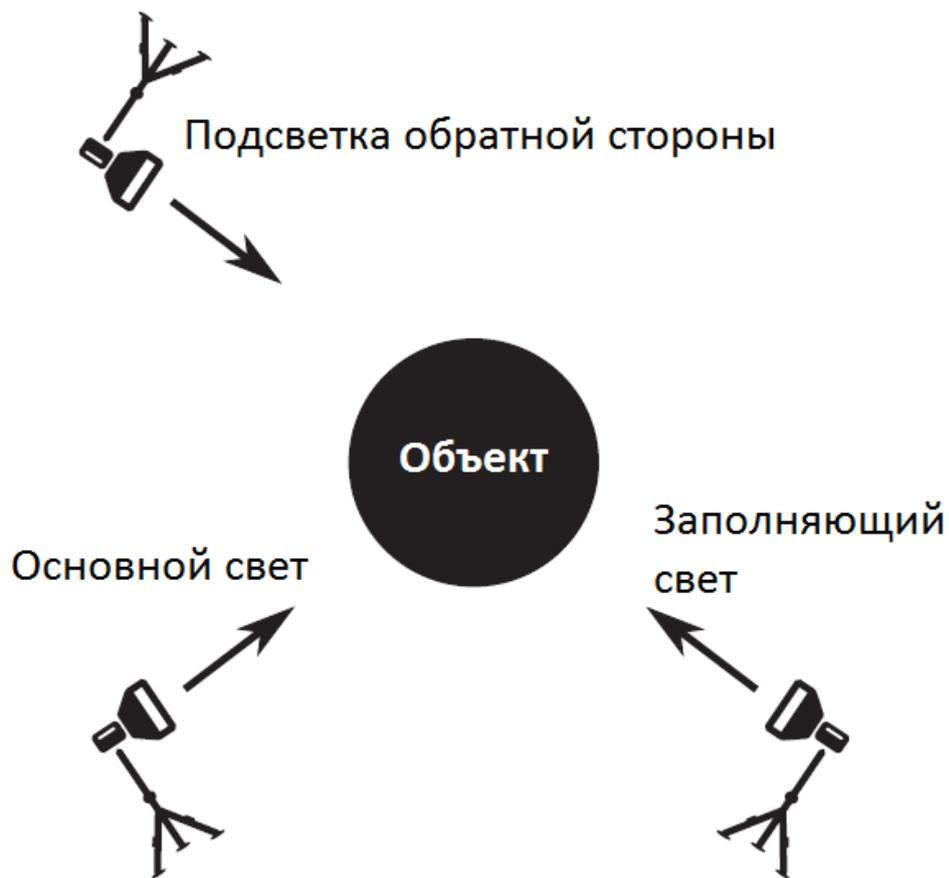


Рисунок 15 – Схема размещения источников освещения

Всякий раз, когда производится визуализация мультимодального набора данных, изначально имеется три трехмерных объекта, каждый из которых представляет отдельную модальность. Несмотря на наличие 3D-моделей, ручной анализ нескольких наборов данных является достаточно сложным. Вместо этого производится объединение трех модальностей в единое представление для лучшей интерпретации данных. Для визуализации данных используются методы поверхностного и объемного рендеринга взаимозаменяемо: подход с объемным и поверхностным рендерингом [3].

В процессе рендеринга объединяется информация, хранящаяся в наборах входных данных, для формирования мультимодального изображения. Для визуализации используется прямой объемный рендеринг. Также, необходимо задание приоритета отображения модальностей, т.к. предусмотрена возможность изменения порогового значения интенсивности вокселей и значения непрозрачности каждой из модальностей.

В данном случае, непрозрачность модальности отражения задается изначально, так как данное изображение не несет в себе информативных фрагментов и является фоном. Далее производится проверка, находится ли значение интенсивности одной из двух оставшихся модальностей в пределах определенных пороговых областей (областей интереса). В случае, когда интенсивность вокселя одной из двух модальностей находится в пределах указанной области, цвет и непрозрачность вокселя устанавливается в соответствии с цветом и непрозрачностью для данной модальности в соответствии с ее приоритетом.

Для того, чтобы предоставить пользователю возможность полноценного изучения данных, допустимо изменение порогового значения интенсивности и несколько режимов рендеринга. Поскольку необходимая информация часто находится внутри объекта, у пользователя есть возможность обрезать объект для изучения внутренней структуры объекта. Угол разреза может быть любой произвольной позицией, которую пользователь может свободно определять. Кроме того, пользователь может выбрать порог значения интенсивности каждой модальности и показать только интересующую область. Также пользователю доступны возможности взаимодействия с 3D-моделью, такие как поворот и масштабирование.

Все описанные функции были реализованы в веб-приложении, реализованном при помощи языка Javascript на базе библиотеки threeJS, с использованием технологии WebGL. Данный продукт прошел апробацию в отделе визуализации данных Технологического института Карлсруэ.

## **2.5 Результат объединения: объемный рендеринг**

В результате объединения исходных изображений вышеописанным методом было сформировано изображение, содержащее в себе каждое из этих изображений в виде одного из каналов R, G, B (Рисунок 16). В данном случае, для лучшей демонстрации, пороговые значения изменены. Каждая из

модальностей представлена отдельным цветом: затухание – красный, скорость звука – зеленый, отражение – синий с минимальной непрозрачностью.

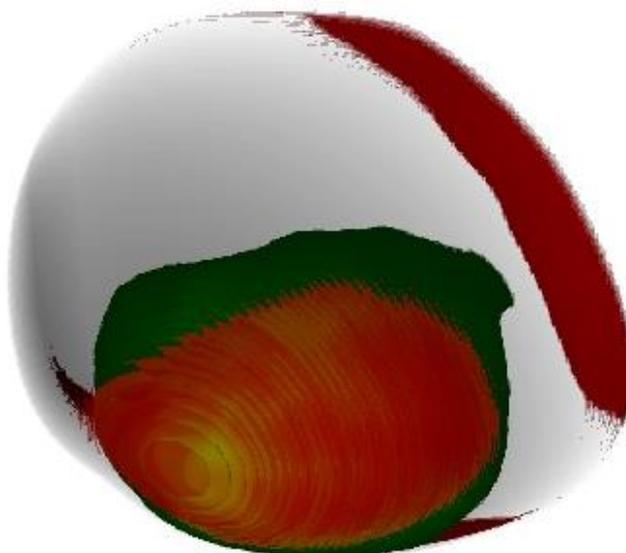


Рисунок 16 – Результат объединения, объемный рендеринг

Изображение, полученное в результате объединения, содержит все три изображения, которые представлены разными цветовыми каналами. Пересечение модальностей, отображающих затухание и скорость звука подсвечено желтым цветом, полученным, соответственно, в результате пересечения красного и зеленого цветов. Благодаря возможности изменения значения интенсивности каждого канала, специалист может точно диагностировать опухоль.

## **2.6 Результат объединения: поверхностный рендеринг**

В случае с поверхностным рендерингом были использованы те же цвета и значения приоритета модальностей, что и в случае с объемным рендерингом (Рисунок 17).

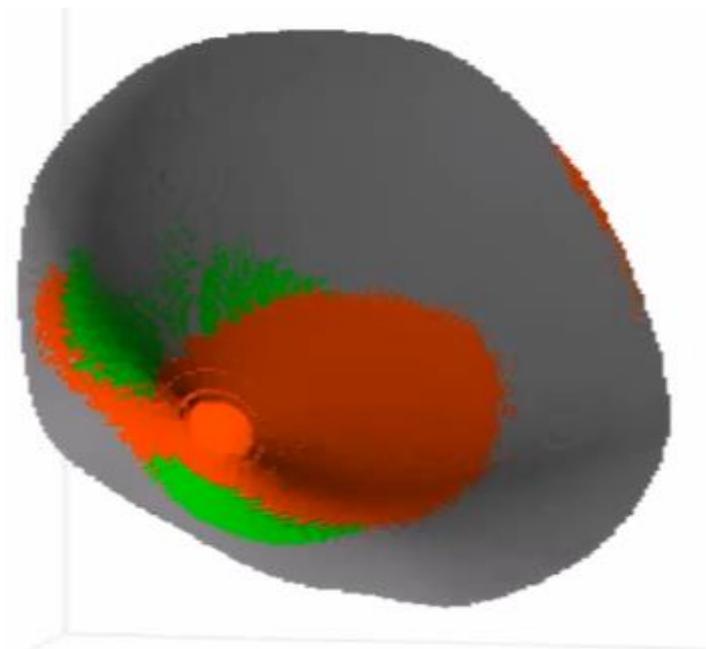


Рисунок 17 – Результат объединения, поверхностный рендеринг

Представление данного мультимодального изображения при помощи поверхностного рендеринга позволяет спроецировать видимые области на поверхность исследуемого объекта, позволяя с большей четкостью оценить внутреннюю структуру объекта с любого ракурса.

## **2.7 Объединение объемного и поверхностного рендеринга**

Ввиду ограниченности цветовой модели RGB только тремя цветами, отсутствует возможность отдельно выделить область какой-либо модальности без изменения порогового значения интенсивности. Для решения этой проблемы, для дополнительного выделения области в нужном диапазоне интенсивности к мультимодальному изображению, сформированному при помощи объемного рендеринга, был применен поверхностный рендеринг (Рисунок 18).

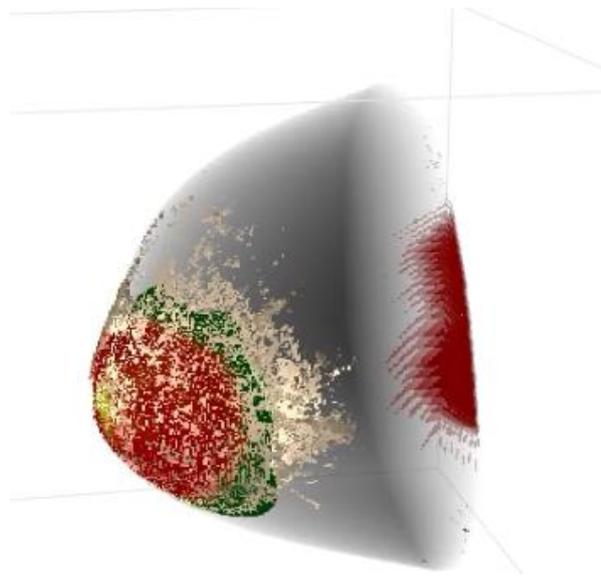


Рисунок 18 – Объединение объемного и поверхностного рендеринга

В данном случае фрагменты изображения, добавленные при помощи поверхностного рендеринга, четко отображают капилляры, выявленные при помощи метода, основанного на отражении ультразвуковых волн, не сливаясь с другими частями изображения. Для новых фрагментов допустимы такие же операции, как и для основного изображения, за исключением возможности изменения прозрачности. Данный подход позволяет дополнительно отобразить фрагменты каждой из модальностей, независимо от значения интенсивности основной модальности, в случае, когда нет необходимости изменять прозрачность этих фрагментов.

## **3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЕ**

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Оцениваются полные денежные затраты на исследование (проект), а также дается хотя бы приближенная экономическая оценка результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

### **3.1 Предпроектный анализ**

#### **3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Необходимо определить, кто является потенциальным потребителем данной разработки, чтобы судить о круге лиц, которые потенциально в ней заинтересованы. Визуализация мультимодальных данных является перспективным направлением для различных областей научных исследований, позволяя эффективно анализировать различные объекты в процессе научно-исследовательской деятельности. На промышленных предприятиях, где для сканирования объекта используются многочисленные промышленные томографические сканирования с различными параметрами, также важно комплексно анализировать полученные данные. При работе с медицинскими данными, специалисту часто необходимо одновременно отобразить анатомические данные, а также данные содержащие информацию о физиологических действиях, таких как метаболизм или кровотоков, в определенной ткани или органе. Результат сегментирования представлены на таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка.

	Область применения		
	Исследование	Диагностика	Анализ
Научно-исследовательские центры			
Промышленные предприятия			
Медицинские учреждения			

	Сегмент освоен
	Сегмент освоен слабо
	Сегмент не освоен или информация не найдена

### 3.1.2 Анализ конкурентных решений

Необходимо проводить систематически анализ существующих конкурирующих разработок, поскольку рынок пребывает в постоянном движении. Проведение анализа помогает вносить коррективы в научное исследование для успешного противостояния конкурентным разработкам. Для проведения данного анализа необходимо обладать всей имеющейся информацией о разработках конкурентов, такой как: технические характеристики разработки, конкурентоспособность разработки, уровень завершенности научного исследования, уровень проникновения на рынок и т.д.

Для данной разработки, наиболее конкурентными являются следующие решения:

1. Приложение BRAIN View
2. Программное решение Integrated Registration

Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
			Бф	Бк1	Бк2	Кф	К1	К2
	1	2	3	4	5	7	8	9
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>								
1	Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	2	2	1	0,4	0,4
2	Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	3	2	0,75	0,45	0,3

Продолжение таблицы 3.2 – оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

3	Помехоустойчивость	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
4	Энергоэкономичность	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
5	Надежность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
6	Потребность в ресурсах памяти	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
7	Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	5	3	3	0,5	0,3	0,3
8	Простота эксплуатации	0,1	5	2	2	0,5	0,2	0,2
9	Качество пользовательского интерфейса	0,07	4	1	1	0,28	0,07	0,07
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>								
1	Конкурентоспособность продукта	0,01	5	2	2	0,05	0,02	0,02
2	Уровень проникновения на рынок	0,01	1	4	3	0,01	0,04	0,03
3	Цена	0,09	4	2	2	0,36	0,18	0,18
4	Послепродажное обслуживание	0,08	5	2	2	0,4	0,16	0,16
5	Финансирование научной разработки	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
6	Срок выхода на рынок	0,01	2	5	5	0,04	0,05	0,05
	Итого	1	61	44	42	<b>4,6</b>	<b>2,36</b>	<b>2,19</b>

Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что рассматриваемое решение на данном этапе решение достаточно конкурентоспособно. Разработка является перспективным, поскольку обладает рядом преимуществ: высокой функциональной мощностью, простотой эксплуатации и доступной ценой.

### 3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица составляется на основе анализа рынка и конкурентных

технических решений, и показывает сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для разработки.

Таблица 3.3 – SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Гибкость настройки. С2. Высокая скорость работы. С3. Дружелюбный и интуитивно понятный интерфейс С4. Низкие требования к аппаратно-программному обеспечению пользователя. С5. Использование облачных сервисов для проведения вычислений. С5. Постоянная поддержка разработчика.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> СЛ1. Единственный возможный формат входных данных. СЛ2. Нагрузка на сети передачи данных. СЛ3. Высокие денежные затраты на разработку. СЛ4. Временами происходящие отказы системы. С5. Потребность в больших объемах вычислительных ресурсов (мощностей компьютера).
<b>Возможности:</b> В1. Функционирование в виде веб-приложения. В2. Сложные вычисления по визуализации на удаленных серверах с мощными графическими процессорами. В3. Получение финансирования. В4. Выход системы на рынок. В5. Доработка в связи с пожеланиями	В1С4. Доступность визуализации больших объемов данных на мобильных устройствах. В2С5. Облачные вычисления позволят сократить нагрузку на локальную машину. В4С2С3. Дружественный интерфейс и высокая скорость работы способствуют распространению системы на рынок. В5С1. Хорошо спроектированная архитектура программной системы и гибкость настройки позволит доработать систему и выйти в плюс по прибылям.	В2СЛ3 Поддержка удаленных серверов может увеличить денежные затраты. В4СЛ4. Выходу системы на рынок может воспрепятствовать использование IP-адреса для обращения к web-приложению, а также системные ошибки, вызывающие крах системы. В3В2В5СЛ4. Высокая стоимость разработки и недоработка старых ошибок могут стать помехой в расширении функционала.

Продолжение таблицы 3.3 – SWOT-анализ

<p><b>Угрозы:</b>                  У1. Увеличение конкуренции.                  У2. Медленная работа системы.                  У3. Отсутствие интереса к продукту на рынке.                  У4. Несвоевременное финансирование.                  У5. Потеря актуальности.</p>	<p>У1С1. Гибкость настройки и высокая скорость работы позволят конкурировать на рынке данной услуги.                  У3С4. Низкие требования к аппаратно-программному обеспечению вызовет интерес со стороны пользователей.                  У5С5. Постоянная поддержка разработчика и финансирование предприятия способствуют системе всегда оставаться актуальной.</p>	<p>У3СЛ4 из-за несвоевременного финансирования невозможно исправлять возникшие ошибки.                  У2СЛ1СЛ3 Медленная работа системы, несвоевременная поддержка системных администраторов, а также поддержка единственного формата может привести к отказу пользователей работать с системой.                  У4У5СЛ2СЛ3 Несвоевременное финансирование высокие мощностные и денежные затраты могут привести к остановке развития программного комплекса, что в будущем полностью может потерять актуальность.</p>
--	---	--

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Соотношения параметров представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	-	-	+	-
	В2	-	-	-	+	+
	В3	-	0	-	-	0
	В4	-	+	+	0	-
	В5	+	-	0	-	-

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	СЛ5
	В1	-	-	0	0	-
	В2	-	-	+	+	-
	В3	-	-	-	+	+
	В4	-	-	-	+	-
	В5	0	-	0	+	+

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	+
	У3	-	0	-	+	0
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	0	-	-

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4	СЛ5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	-	+	-	0
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	+	+	-	-
	У5	0	+	+	-	-

### 3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 3.5.

Таблица 3.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3

Продолжение таблицы 3.5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	48	37

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 40 до 50, что говорит о средней перспективности проекта. Многие аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний. Следовательно, требуется дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

### **3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Перспективность данного научного исследования выше среднего, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого недостаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так

как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3): Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

### 3.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

#### 3.2.1 Цели и результаты проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 3.6:

Таблица 3.6 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидание заинтересованных сторон</b>
Пользователь	Удобство в использовании программного продукта
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Цели и результат проекта представлены в таблице 3.7:

Таблица 3.7 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Разработка приложения, производящего композицию трех трехмерных изображений и предоставляющего пользователю возможность работы с результирующим изображением. Коммерциализация проекта путем торговли патентными лицензиями.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Работающее приложение, производящее композицию трех трехмерных изображений и предоставляющее пользователю возможность работы с результирующим изображением.

Продолжение таблицы 3.7 – Цели и результат проекта

<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Успешное тестирование функционала в соответствии с функциональным требованием.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнены все пункты функционального требования и требования к пользовательскому интерфейсу.</li> <li>• Разработанный функционал полностью соответствует проектным решениям.</li> </ul>

### 3.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта. Эту информацию представить в табличной форме (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения</b>
1.2.3.1 Бюджет проекта	220 000 рублей
1.2.3.1.1 Источник финансирования	Технологический институт Карлсруэ
1.2.3.2 Сроки проекта	15.04.2017 – 31.05.2018
1.2.3.2.1 Фактическая дата утверждения плана управления проектом	01.05.2017
1.2.3.2.2 Плановая дата завершения проекта	31.05.2018

### 3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

#### 3.3.1 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде табл. 3.9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 3.9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , ч.	Продолжительность выполнения работ																	
				Янв.			Февр.			Март			Апр.			Май.			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Выбор направления исследования	Р, С	5	■	■																
2	Описание требований	Р	10	■	■																
3	Патентный поиск	С	10			■															
4	Составление технического задания	Р	10	■	■																
5	Изучение литературы	С	40			■															
6	Реализация моделей визуализации данных	С	20					■	■												
7	Проектирование модуля объединения данных	С	20					■	■												
8	Проектирование веб-интерфейса пользователя	С	20					■	■												
9	Сбор данных для сравнительного анализа	С	40					■	■												

Продолжение таблицы 3.9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

10	Разработка модуля объединения данных	С	80																
11	Разработка веб-интерфейса	С	40																
12	Сравнение результатов на различных данных	С	20																
13	Тестирование модуля потоковой передачи данных	С	20																

### 3.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

#### Затраты на электроэнергию

Этот пункт включает в себя стоимость всех материалов, необходимых для выполнения НИР.

К категории материалов относят:

1. Электроэнергия;
2. Персональный компьютер.

Для данной разработки требуется специальное оборудование в виде персонального компьютера, оснащенного современным графическим процессором производства Nvidia.

Разработка проводилась в течении 6 месяцев (в среднем 20 дней в месяц) по 6 часов (720 часов), официально заявленная мощность оборудования 0,8 кВт/час.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = Ц_{эл} \times P \times F_{об} \quad (13)$$

где  $Ц_{эл}$  – тариф на электроэнергию (3,5 руб за 1 кВт-ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$  – время использования оборудования, ч.

$$C_{эл} = 3,5 \times 0,8 \times 720 = 2016 \text{ руб.}$$

Стоимость персонального компьютера с требуемыми характеристиками составляет 148 503 руб. Рассчитываем статью материальных расходов:

$$C_m = C_{эл} + C_{ПК} \quad (14)$$

$$C_m = 2\,016 + 148\,503 = 150\,519 \text{ руб.}$$

Среда и средство разработки, программный софт и другие комплектующие, нужные для разработки, распространяются бесплатно и не требуют дополнительных затрат.

Таблица 3.10 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Персональный компьютеры	1	148 503	148 503
2.	ОС Linux	1	-	-
3	Электричество	-	-	2 016
4.	Среда разработки Atom editor	1	-	-

### **Основная заработная плата**

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в табл. 3.11.

Таблица 3.11 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1		Руководитель		17 000	17 000
2		Магистр		2 650	2 650
Итого:					19 650

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (15)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (16)$$

где  $T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 3.12);

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

Значит, для руководителя:

$$Z_{осн} = 17000 \cdot 1,3 = 22100 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_m \cdot M) / F_d \quad (17)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб (в качестве месячного оклада магистра выступает стипендия, которая составляет 2650 руб);

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 45 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6 - дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях). Тогда,

Для руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{22100 \cdot 10,4}{254} = 904,8 \text{ рублей}$$

Для дипломника:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{2650 * 10,4}{217} = 127 \text{ рублей}$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	365	36
Количество нерабочих дней		5
- выходные дни	52	82
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	45	52
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	21
		7

Таблица 3.13 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	З <sub>б</sub> , руб.	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	17000	1.3	22100	904,8	48	22100
Магистр	2650		2650	127	76	2650
Итого по статье З <sub>осн</sub> :						24750

### Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} \quad (18)$$

где Z<sub>доп</sub> – дополнительная заработная плата, руб.;

k<sub>доп</sub> – коэффициент дополнительной зарплаты (k<sub>доп</sub> = 0,1);

Z<sub>осн</sub> – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 22100 * 0,1 = 2210 \text{ рублей}$$

В таблице 3.14 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 3.14 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Руководитель	Магистр
Основная зарплата	22100	2650
Дополнительная зарплата	2210	–
Зарплата исполнителя	24310	2650
Итого		26960

### Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (22100 + 2210) = 7293 \text{ руб.} \quad (19)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

### Накладные расходы

В эту статью относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (20)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,3 * (22100 + 2210) = 7293 \text{ руб.}$$

### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 3.15 – Бюджет затрат НИИ

Затраты по статьям						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Накладные расходы	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	150 519	22100	26960	7293	7293	<b>214 165</b>
2	200 000	50 000	5 000	16 500	16 500	<b>288 000</b>

В результате было получено, что бюджет затрат НИИ составит 214 165 руб. При этом затраты у конкурентов составляют 288 000 рублей, из чего можно сделать вывод что полученный продукт будет экономичней, чем у конкурентов.

### **3.3.3 Организационная структура проекта**

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 3.16.

Таблица 3.16 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая

Продолжение таблицы 3.16 – Выбор организационной структуры научного проекта

<b>Сложность проекта</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Взаимозависимость между отдельными частями проекта</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня</b>	Высокая	Средняя	Низкая

В данном случае выбор лежит к проектной структуре проекта из-за особенностей разработки. Составляющая проекта является модульные системы, работающие в постоянном взаимодействии с другими модулями. Также основной причиной выбора проектной структуры является то, что технология проекта является новой, и имеются ограниченные сроки реализации.

### **3.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

#### **3.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования**

Динамические методы оценки инвестиций базируются на применении показателей:

- чистая текущая стоимость (**NPV**);
- срок окупаемости (**DPР**);
- внутренняя ставка доходности (**IRR**);
- индекс доходности (**PI**).

Все перечисленные показатели основываются на сопоставлении чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности, и их приведении к определенному моменту времени. Теоретически чистые денежные поступления можно приводить к любому моменту времени (к будущему либо текущему периоду). Но для практических целей оценку

инвестиции удобнее осуществлять на момент принятия решений об инвестировании средств.

### 3.4.1.1 Чистая текущая стоимость (NPV)

Данный метод основан на сопоставлении дисконтированных чистых денежных поступлений от операционной и инвестиционной деятельности.

Если инвестиции носят разовый характер, то NPV определяется по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0 \quad (21)$$

где  $ЧДП_{опt}$  – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

$I_0$  – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

$t$  – номер шага расчета ( $t=0, 1, 2, \dots, n$ );

$n$  – горизонт расчета;

$i$  – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Чистая текущая стоимость является абсолютным показателем. Условием экономичности инвестиционного проекта по данному показателю является выполнение следующего неравенства:  $NPV > 0$ .

Чем больше NPV, тем больше влияние инвестиционного проекта на экономический потенциал предприятия, реализующего данный проект, и на экономическую ценность этого предприятия.

Таким образом, инвестиционный проект считается выгодным, если NPV является положительной.

Таблица 3.17 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Выручка от реализации, тыс. руб.	0	267,706	267,706	267,706	267,706
2.	Итого приток, тыс. руб.	0	267,706	267,706	267,706	267,706
3.	Инвестиционные издержки, тыс. руб.	-220,000	0	0	0	0
4.	Операционные затраты, тыс. руб. С+Ам+ФОТ	0	192,530	192,530	192,530	192,530
5.	Налогооблагаемая прибыль		75,175	75,175	75,175	75,175
6.	Налоги, тыс. руб Выр-опер=донал. приб*20%	0	15,035	15,035	15,035	15,035
7.	Итого отток, тыс. руб. Опер.затр.+ налоги	-220,000	207,565	207,565	207,565	207,565
8.	Чистый денежный поток, тыс. руб. ЧДП=Пчист+Ам Пчист=Пдонал.-налог	-220,000	75,191	75,191	75,191	75,191
9.	Коэффициент дисконтирования (приведения при $i=20\%$ )	1,0	0,833	0,694	0,578	0,482
10.	Дисконтированный чистый денежный поток, тыс. руб. (с8*с9)	-220,000	72,677	70,585	68,839	67,394
11.	То же нарастающим итогом, тыс. руб. (NPV =59,495 тыс.руб.)	-220,000	-147,323	-76,738	-7,899	59,495

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 59,495 тысяч рублей, что позволяет его эффективности.

### Дисконтированный срок окупаемости

Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости.

Рассчитывается данный показатель примерно по той же методике, что и простой срок окупаемости, с той лишь разницей, что последний не учитывает фактор времени.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (см. табл. 3.18).

Таблица 3.18 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1.	Дисконтированный чистый денежный поток ( $i=0,20$ )	-220,000	72,677	70,585	68,839	67,394
2.	То же нарастающим итогом	-220,000	-147,323	-76,738	-7,899	59,495
3.	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{диск} = 3 + 67,394 / 59,495 = 4,1$ года				

### Внутренняя ставка доходности (IRR)

Для установления показателя чистой текущей стоимости (NPV) необходимо располагать информацией о ставке дисконтирования, определение которой является проблемой, поскольку зависит от оценки экспертов. Поэтому, чтобы уменьшить субъективизм в оценке эффективности инвестиций на практике широкое распространение получил метод, основанный на расчете внутренней ставки доходности (IRR).

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования ( $i$ ) существует обратная зависимость. Эта зависимость следует из таблицы 3.19 и графика, представленного на рисунке 19.

Таблица 3.19 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

No	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки	-220	75,191	75,191	75,191	75,191	
2	коэффициент дисконтирования						
	$i=0,1$	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	$i=0,2$	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	$i=0,3$	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	$i=0,4$	1	0,714	0,51	0,364	0,26	

Продолжение таблицы 3.19 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

	i=0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	i=0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,095	
	i=0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,07	
	i=0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	i=0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	i=1	1	0,5	0,25	3:00	0,006	
3	Дисконтированный денежный поток, тыс. руб						
	i=0,1	-220,00	68,35	62,11	56,47	51,36	18,28
	i=0,2	-220,00	62,63	52,18	43,46	36,24	-25,48
	i=0,3	-220,00	57,82	44,51	34,21	26,32	-57,14
	i=0,4	-220,00	53,69	38,35	27,37	19,55	-81,05
	i=0,5	-220,00	50,15	33,39	22,18	14,89	-99,39
	i=0,6	-220,00	46,99	29,32	18,35	7,14	-118,19
	i=0,7	-220,00	44,21	25,19	15,26	5,26	-130,07
	i=0,8	-220,00	41,81	23,23	12,86	7,14	-134,96
	i=0,9	-220,00	39,55	20,83	10,98	5,79	-142,85

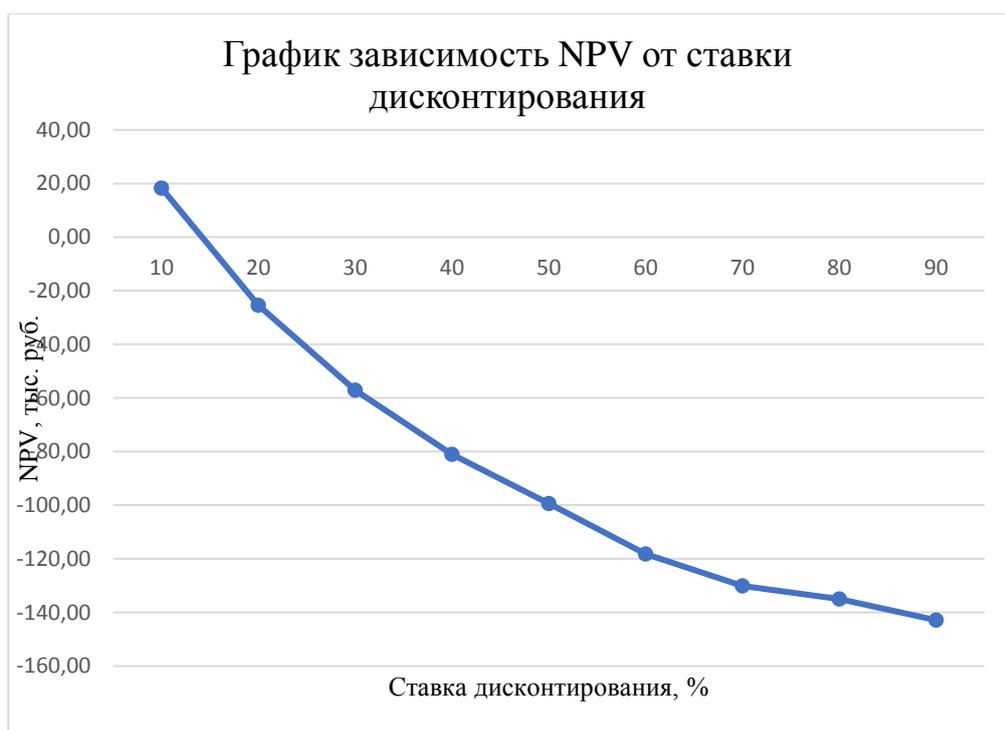


Рисунок 19 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит

название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0.15.

### **Индекс доходности (рентабельности) инвестиций (PI)**

Индекс доходности показывает, сколько приходится дисконтированных денежных поступлений на рубль инвестиций.

Расчет этого показателя осуществляется по формуле

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧПД_t}{(1+i)^t} / I_0, \quad (22)$$

где  $I_0$  – первоначальные инвестиции.

$$PI = \frac{68,35 + 62,11 + 56,47 + 51,36}{220,000} = 1,08$$

$PI = 1,08 > 1$ , следовательно, проект эффективен при  $i=0,1$ ;

NPV= 59,495 тыс. руб.

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

### **3.5 Оценка сравнительной эффективности исследования**

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (23)$$

де  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{220,0}{220,0} = 1;$$

Для аналогов с использованием другого программного обеспечения, которое стоит 12391 руб. (JetBrains PyCharm) и 31258 руб. (JetBrains IntelliJ IDEA):

$$I_{\text{фин}1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{232391}{220000} = 1,05$$

$$I_{\text{фин}2}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{251258}{220000} = 1,14$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (24)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a$ ,  $b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Таблица 3.20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5
3. Быстродействие	0,15	5	4	4
4. Надежность	0,20	5	5	5
5. Воспроизводимость	0,25	4	3	4
6. Функциональность	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,67	4,16	4,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналогов ( $I_{финаi}^{ai}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p}; \quad (25)$$

$$I_{финаi}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{финаi}^{ai}}; \quad (26)$$

В результате:

$$I_{финр}^p = \frac{4,67}{1} = 4,67$$

$$I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{4,16}{1,05} = 3,96$$

$$I_{\text{фин2}}^{a2} = \frac{4,5}{1,14} = 3,94$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финаi}}^{ai}} \quad (27)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог1	Аналог2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,05	1,14	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,96	3,94	4,67
3	Интегральный показатель эффективности	3,77	3,46	4,67
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,81	0,74	1

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

## **Вывод**

В процессе выполнения работы по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению был проведен анализ разрабатываемого исследования и проекта. Оценен коммерческий потенциал и перспективность проведения исследования и проекта. Полученные результаты говорят о потенциале и перспективности на высоком уровне. Также, проведено планирование проекта, а именно: определена структура и календарный план работы, трудоемкость и бюджет работы по проекту, также по двум конкурентным решениям для сравнения с текущим. Результаты соответствуют требованиям к ВКР. Определена эффективность исследования в разрезах ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности, на основе эффективности исследования, определено, что данная работа имеет высокие показатели по данным разрезам.

## **4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Научно-исследовательская работа выполнялась одним из офисных помещений на четвертом этаже института обработки данных и электроники Технологического института Карлсруэ (IPE KIT)

Площадь, приходящаяся на одно рабочее место пользователя ПК с ЭЛТ-монитором должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, с монитором на базе плоских дискретных экранов – 4,5 м<sup>2</sup>, что позволяет расположить технические средства на безопасном расстоянии до пользователя.

Для данной рабочей зоны необходимо проанализировать следующие факторы. К вредным факторам относятся: микроклимат, шум, электромагнитные поля, освещение.

К опасным факторам рабочей зоны относятся: опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество.

Чрезвычайные ситуации характерные для данного объекта: пожар.

Вопросы, относящиеся к организации и охране труда при работе за компьютером, регулируются:

- Трудовым кодексом Российской Федерации,
- Инструкцией по охране труда при работе на ПК.

### **4.1 Производственная безопасность**

Описание выявленных вредных и опасных факторов приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Выполнение работ по разработке информационной системы. 2. Эксплуатация информационной системы.	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении. 2. Недостаточное освещение рабочего места 3. Превышение уровней шума. 4. Статические перегрузки. 5. Монотонная работа. 6. Нервно-эмоциональное напряжение.	1. Поражение электрическим током. 2. Короткое замыкание 3. Статическое электричество	СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [17] СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение» [18] ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [20] ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения» [21] ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [22]

## 4.2 Микроклимат рабочего помещения

**Микроклимат производственных (рабочих) помещений** – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей [19].

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения (таблицы 4.2–4.3) [17]. Выполняемая работа относится к категории **легкая** (1б).

Таблица 4.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21 - 23	20 – 24	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 4.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 21<sup>0</sup>С и 20<sup>0</sup>С при относительной влажности 50% в холодный период года; 24<sup>0</sup>С и 23<sup>0</sup>С при относительной влажности воздуха 55% в теплый период года, что соответствует нормам СанПиН 2.2.4.548-96.

### 4.3 Производственное освещение

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и общее самочувствие, определяет эффективность труда. Нерационально организованное освещение может явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта [18].

Для освещения рабочего помещения используются восемь ЛБ светильников размером 1000x250 мм, содержащие по одной лампе. Рассчитать размещение светильников на потолке, для удовлетворительных условий рабочего места. Размещение светильников определяется по следующим параметрам помещения:

1. высота помещения  $H = 3,5\text{м}$ ;
2. расстояние от светильника до потолка  $h_c = 0,3\text{м}$ ;
3. высота светильника над полом  $h_{\text{п}} = H - h_c = 3,2\text{м}$ ;
4. высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 0,9\text{м}$ ;
5. расчетная высота светильника над рабочей поверхностью  $h = 3,2 - 0,9 = 2,3\text{м}$ .

Определим расстояние между светильниками  $L$  по формуле:  $L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2,3 = 2,53\text{м}$ .

Расстояние крайних светильников до стен рассчитывается по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,75}{3} = 0,84\text{м},$$

В рассматриваемом случае, светильники ОД-40-2 можно расположить на потолке в две линии, параллельно окнам. Каждый светильник состоит из одной люминесцентной лампы, расстояние между светильниками в одной группе возьмем равным 0,08м, а между лампами светильников равным 2,53м. План размещения светильников приведен на рисунке 20 осветительная система будет содержать лампы.

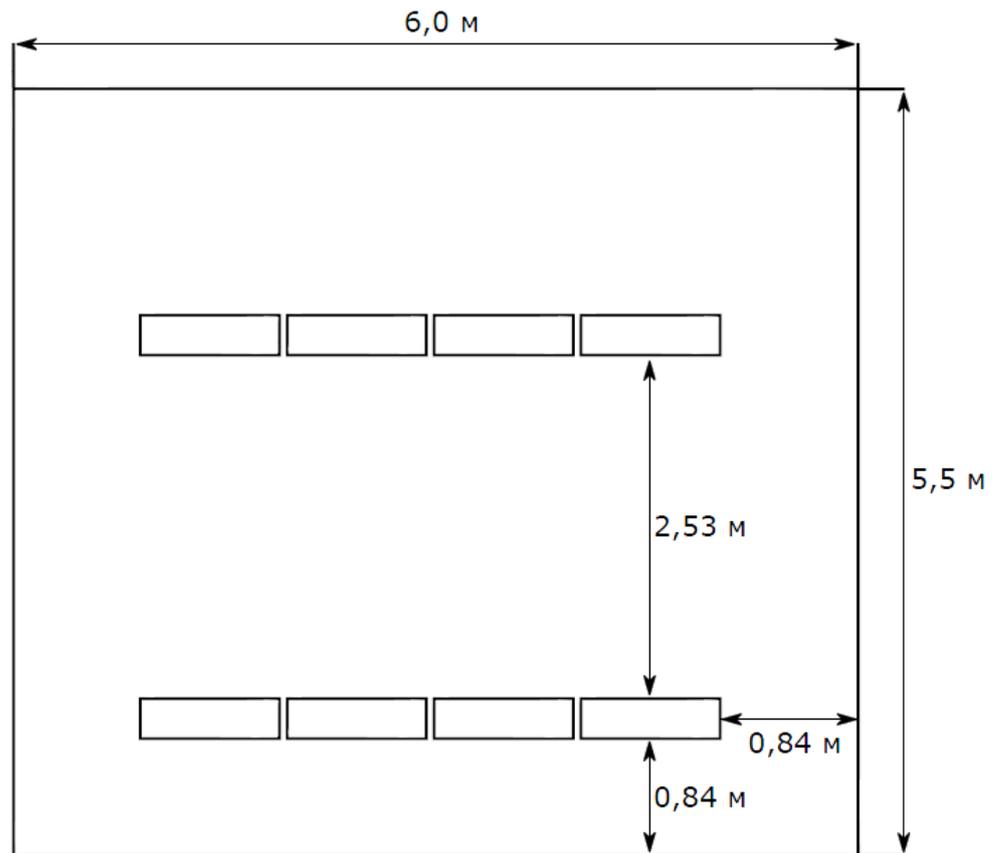


Рисунок 20 – План размещения осветительного оборудования

По нормам, установленным СНиП 23-05-95, минимальная освещённость рабочих поверхностей в офисных помещениях для работ средней точности при общем освещении должна быть равна 200 лк [18].

Необходимо использовать метод коэффициента светового потока, который учитывает световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток для группы люминесцентных ламп может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{n \cdot \eta} \quad (28)$$

где  $E$  - нормируемая минимальная освещенность (Лк);

$S$  - площадь освещаемого помещения ( $m^2$ );

$k_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение источника света, стен и других отражающих поверхностей, наличие в атмосфере цеха дыма или пыли;

$z$  — коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп (берем равным 1,1);

$n$  — число используемых ламп;

$\eta$  — коэффициент использования светового потока.

Индекс помещения определяется по следующей формуле:

$$I = \frac{S}{H \cdot (A + B)} \quad (29)$$

и равен  $I = 0,81$ .

Коэффициенты отражения имеют следующие значения;

–  $\rho_c = 10$  (на стенах светло-желтые обои);

–  $\rho_{п} = 10$  (на потолке белая краска).

Коэффициент использования светового потока возьмем равным  $\eta = 0,45$ .

Коэффициент запаса возьмем равным  $k_3 = 1,5$ , так помещение с низким выделением пыли. В результате, световой поток  $\Phi = 3025$ лм. Вычисленному световому потоку соответствует люминесцентная лампа мощностью 40 Вт типа ЛБ с потоком = 3020лм. Проверим выполнения условия:

$$-10 \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} \cdot 100 \leq +20 \quad (29)$$

в результате получаем  $-10 \leq 5,4 \leq +20$ . Полученное неравенство, верно, это значит, что существующее освещение соответствует нормам.

#### 4.4 Производственные шумы

Шум – это совокупность различных звуков, возникающих в процессе производства и неблагоприятно воздействующих на организм [19].

Шум может привести к нарушениям слуха (в случае постоянного нахождения при шуме более 85 децибел(dB)), может являться фактором стресса и повысить систолическое кровяное давление.

Дополнительно, он может способствовать несчастным случаям, маскируя предупреждающие сигналы и мешая сконцентрироваться.

Для рассматриваемого помещения основными источниками шума являются персональные компьютеры.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [20].

Помещения, в которых для работы используются ПК не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения.

В помещениях, оборудованных ПК, которые являются основным источником шума при выполнении данных видов работ, уровень шума на рабочем месте не превышает 50 дБА [20].

#### **4.5 Монотонность труда**

Однообразие выполняемых операций приводит к определенному техническому состоянию человека, называемому монотонией. Признаком монотонии является либо перегрузка одинаковой информацией, либо недостаток новой. Это накладывает отпечаток на функциональное состояние человека: он теряет интерес к выполняемой работе. Монотонная работа снижает эффективность труда, увеличивает текучесть кадров, аварийность и, как следствие, травматизм на производстве. Степень монотонности определяется числом элементов (приемов труда при реализации простого задания или многократно повторяющихся операций) и продолжительностью во времени выполнения этих элементов или операций. Если число элементов составляет 10 и более, то условия труда считают оптимальными; от 9 до 6 – допустимыми; менее 6 – напряженными.

Для повышения работоспособности в условиях монотонности рекомендуется применение разных форм физической активности

(производственная гимнастика и различные виды физических упражнений), которые направлены на:

- увеличение уровня функциональной активности организма;
- устранение локальных перенапряжений отдельных групп мышц;
- компенсацию гипокинезии.

Благоприятное влияние физической активности на психофизиологическое состояние и продуктивность труда рабочих доказано как специальными исследованиями, так и практикой организации производства. Целесообразно применение следующих форм производственной гимнастики:

- вводная гимнастика продолжительностью 7 - 10 мин. в начале рабочей смены непосредственно у рабочего места.
- физкультурные паузы в течение 5 мин. один-два раза за рабочую смену
- физкультурные минутки (по 1,5 - 3 мин.) проводятся самостоятельно 3 - 5 раз за рабочую смену в микропаузы между трудовыми операциями.

#### **4.6 Степень нервно-эмоционального напряжения**

Длительная работа в условиях постоянного нервно-эмоционального напряжения может привести к сердечно-сосудистым заболеваниям. Всякое воздействие, превышающее допустимые пределы, вызывает нарушение деятельности анализаторов и даже приводит к болевым ощущениям. Задача разработчиков технологических процессов – не допустить перенапряжение высшей нервной деятельности, иначе может наступить стресс. Стресс появляется в экстремальных ситуациях при невозможности адаптации организма к чрезвычайным воздействиям. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы появление стрессов было исключено.

Важным фактором, влияющим на нервно-эмоциональное напряжение, является фактическая продолжительность рабочего дня. При продолжительности рабочего дня до 7 ч условия труда считаются

оптимальными, до 9 ч – к допустимыми, более 9 ч – к напряженным. Продолжительность непрерывной работы до 12 ч относят к напряженному труду 1 степени, а более 12 ч – к 2 степени.

Таким образом, соблюдение фактической продолжительности рабочего дня, снижает возможность нервно-эмоционального перенапряжения. Также одним из эффективных средств устранения неблагоприятного влияния нервно-эмоционального напряжения и обеспечения высокого уровня работоспособности является активный двигательный режим, в частности физические аэробные упражнения с ритмичным брюшным типом дыхания;

#### **4.7 Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества [21].

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности [22], так как отсутствуют следующие факторы:

- сырость;
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- высокая температура;
- возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землёй металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам и механизмам, металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести [22]:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой [19].

#### **4.8 Экологическая безопасность**

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих [25].

На сегодняшний день одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные

лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например, тротуарной плитки.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведенных для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенные требованиям [26].

#### **4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В данном случае на объекте (офис) могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для помещения, котором производится выполнение работы, является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

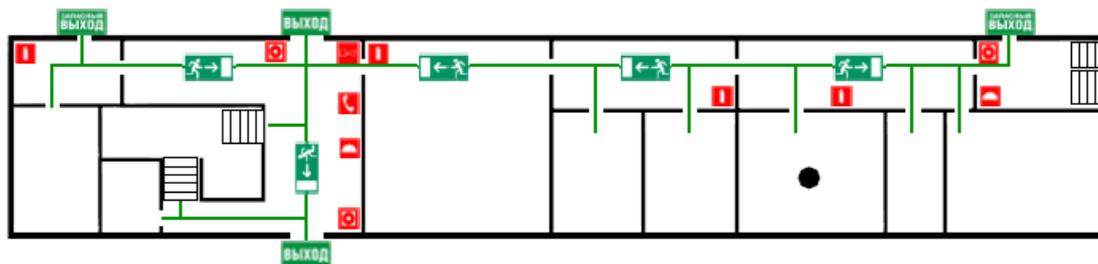
- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

Чтобы увеличить устойчивость офисного помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения, установка огнетушителей, обеспечить офис и проинструктировать рабочих о плане эвакуации из офиса, а также назначить ответственных за эти мероприятия. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре. В ходе осмотра офисного помещения были выявлены системы, сигнализирующие о наличии пожара или задымленности помещения и наличие огнетушителей.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации (Рисунок 21). При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 2.01.02-85.

## План эвакуации из помещений Института обработки данных Технологического института Карлсруэ



Условные обозначения:

	- Телефон		- Вы находитесь здесь
	- Пожарное оборудование		- Эвакуационный выход
	- Кнопка пожарной сигнализации		- Путь эвакуации
	- Звуковой оповещатель пожарной тревоги		- Запасной выход
	- Огнетушитель		

Рисунок 21 – План эвакуации из помещения IPE KIT

### 4.10 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара [23].

Рабочее помещение, в котором производится работа по выполнению ВКР по пожарной и взрывной опасности относят к категории В [24].

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия [19]:

1) помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования;

2) каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами [23]:

- 1) пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
- 2) углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация в виде громкоговорителя;
- пассивными датчиками задымленности.

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

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [27] и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [28];

- конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

- на уровне экрана должен быть установлен оригинал-держатель.

Далее представлены требования к рабочему месту (Рисунок 22).

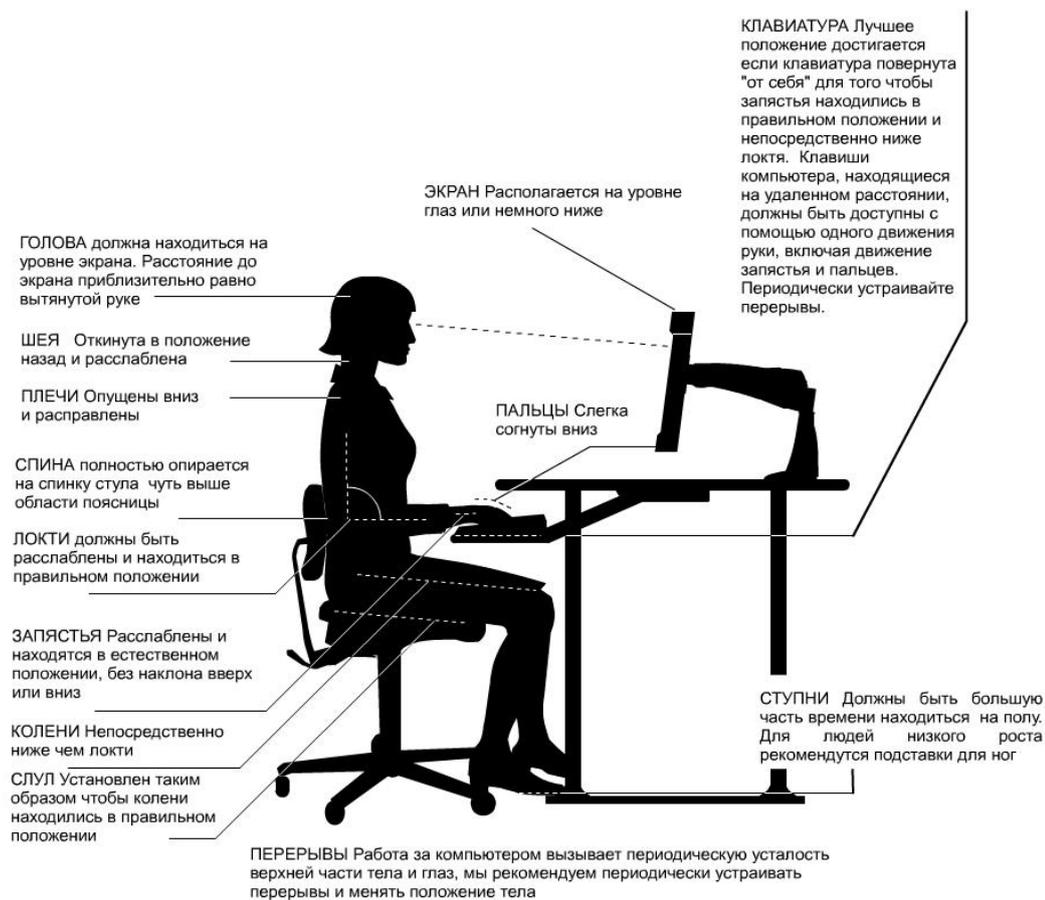


Рисунок 22 – Организация рабочего места

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

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

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

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

## **Вывод**

Исходя из всех рассмотренных выше вредных и опасных факторов, помещения, используемые для работы, полностью соответствуют требованиям производственной и экологической безопасности, в том числе и в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная магистерская диссертационная работа направлена на исследование методов, позволяющих сформировать мультимодальное изображение, а также на программную реализацию данных методов.

В результате выполнения работы были исследованы и программно реализованы 2 метода, позволяющие объединить несколько наборов данных в одном изображении.

Метод мультимодальной визуализации, основанный на взаимной информации, позволяет объединить две модальности в полностью автоматическом режиме, предоставляя мультимодальное изображение, содержащее наиболее важные фрагменты каждого из изображений, выбранные в соответствии с критериями, основанными на теории информации.

Метод, основанный на смешивании цветовых каналов позволяет объединить 3 модальности, при этом требуя от пользователя задания пороговых значений и непрозрачности каждой модальности для максимально эффективного анализа полученного изображения. В ходе работы над реализацией данного метода было изучено общее функционирование системы и работа модуля объемной визуализации объемов – WAVE.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Jerome, N. T., Ateyev, Z., Lebedev, V., Hopp, T., Zapf, M., Chilingaryan, S., & Kopmann, A. "Visualisation of Ultrasound Computer Tomography Breast Dataset." Proceedings of the International Workshop on Medical Ultrasound Tomography: 1.-3. Nov. 2017, Speyer, Germany. KIT Scientific Publishing, 2018.

2. Лебедев В. А. Разработка и анализ метода композиции нескольких трехмерных изображений, основанного на смешивании цветовых каналов и поверхностном рендеринге // «Вестник современных исследований», 2018. – №5-1 – С. 466-468.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bramon R. et al. Multimodal data fusion based on mutual information //IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2012. – Т. 18. – №. 9. – С. 1574-1587.
2. Лебедев В. А. Разработка и анализ метода композиции нескольких трехмерных изображений, основанного на смешивании цветовых каналов и поверхностном рендеринге // «Вестник современных исследований», 2018. – №5-1 – С. 466-468.
3. Jerome N. T. et al. Visualisation of Ultrasound Computer Tomography Breast Dataset //Proceedings of the International Workshop on Medical Ultrasound Tomography: 1.-3. Nov. 2017, Speyer, Germany. – KIT Scientific Publishing, 2018. – С. 349.
4. Haidacher M., Bruckner S., Groller E. Volume analysis using multimodal surface similarity //IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2011. – Т. 17. – №. 12. – С. 1969-1978.
5. Haidacher M. et al. Information-based transfer functions for multimodal visualization //VCBM. – 2008. – С. 101-108.
6. DeWeese M. R., Meister M. How to measure the information gained from one symbol //Network: Computation in Neural Systems. – 1999. – Т. 10. – №. 4. – С. 325-340.
7. Cai W., Sakas G. Data Intermixing and Multi-volume Rendering //Computer Graphics Forum. – Blackwell Publishers Ltd, 1999. – Т. 18. – №. 3. – С. 359-368.
8. Ressmann D. et al. Data management at the synchrotron radiation facility ANKA //Proceedings of the PCaPAC. – 2014. – Т. 14. – С. 13-15.
9. Jerome N. T. et al. WAVE: A 3D Online Previewing Framework for Big Data Archives //VISIGRAPP (3: IVAPP). – 2017. – С. 152-163.
10. Ranger B. et al. Breast ultrasound tomography versus MRI for clinical display of anatomy and tumor rendering: preliminary results //American Journal of Roentgenology. – 2012. – Т. 198. – №. 1. – С. 233-239.

11. Kruger J., Westermann R. Acceleration techniques for GPU-based volume rendering //Proceedings of the 14th IEEE Visualization 2003 (VIS'03). – IEEE Computer Society, 2003. – С. 38.
12. Congote J. et al. Interactive visualization of volumetric data with WebGL in real-time //Proceedings of the 16th International Conference on 3D Web Technology. – ACM, 2011. – С. 137-146.
13. Levoy M. Display of surfaces from volume data //IEEE Computer graphics and Applications. – 1988. – Т. 8. – №. 3. – С. 29-37.
14. Max N. Optical models for direct volume rendering //IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 1995. – Т. 1. – №. 2. – С. 99-108.
15. Phong B. T. Illumination for computer generated pictures //Communications of the ACM. – 1975. – Т. 18. – №. 6. – С. 311-317.
16. Международный стандарт «Социальная ответственность организации. Требования». 2011. URL: [www.ksovok.com/doc/ic\\_csr\\_08260008000\\_ru.doc](http://www.ksovok.com/doc/ic_csr_08260008000_ru.doc) (дата обращения 01.05.2018)
17. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
18. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
19. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с.
20. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
21. ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения»
22. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
23. СНиП 21-01-97. «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
24. НПБ 105-2003. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

25. ГОСТ 17.4.3.04-85. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».

26. СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

27. ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

28. ГОСТ 12.2.061-81. «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».

# Приложение А

## Раздел 2

Мультимодальная визуализация, основанная на смешивании цветовых каналов

---

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ6Г	Лебедев Владислав Анатольевич		

Консультант отделения ИТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ефремов Александр Александрович	-		

Консультант отделения ИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кудряшова Александра Владимировна	-		

## **2 MULTIMODALITY VISUALIZATION, BASED ON THE INTERMIXING OF COLOR CHANNELS.**

The image in the RGB color model consists of three channels. For each of these channels, we can assign an intensity value of a certain color. Thus, using this color model, 3 different intensity values can be stored in each image voxel.

### **2.1 Description of the method**

This method allows to form a multimodality image combining 3 modalities, by representing each of them by one of the channels R, G, B, respectively. The intensity value for each color channel of a specific voxel is determined based on the intensity value of the corresponding voxel of the input data without any transformations [7]. This method is universal for all areas of research and requires the user to customize the parameters of the final image for the most effective analysis.

For the program implementation of this method, the main methods and development tools from the WAVE Framework were used. WAVE Framework is a solution created by the data visualization group of the Karlsruhe Institute of Technology.

#### **2.1.1 WAVE Framework**

Scientific research often generates large amounts of data. For example, in the entomological experiment with the synchrotron block ANKA [8] each scanned sample yields a data size ranging from 32 GB to 150 GB. There are thousands of data sets produced monthly resulting in terabytes of data. To handle such a large amount of data, a new trend in data management policy arises, where experiment data are kept at the facility while providing cloudbased services for external analysis. Initially, data are stored at the data processing server during experiment phase. But when these data are no longer in active use, they are moved to a long-term archive for better data retention, e.g. magnetic tapes or optical disks. However, accessing these archived data remotely introduces additional latency. If scientists wish to retrieve these data sets, they often refer to the associated metadata. There is no guarantee that the

metadata fully describes the dataset. Instead, it is attractive to receive a visual preview on the archived data along with its metadata. Here, the visual preview can be a reduced-size version of the large data set, used to help in recognizing and organizing them. [9].

Thus, the WAVE Framework provides the visualization of the preview of large amounts of data stored on the server. Visualization of the preview is carried out in an interactive mode with the possibility of obtaining high-quality visualization at the user's request. The WAVE is a framework that provides a preview of large amounts of data for a broad range of client hardware, covering devices from mobile phones up to powerful desktops. The WAVE infrastructure provides an adaptive solution that adjusts the image quality in accordance with available client resources, network bandwidth and user requirements. In particular, WAVE balances the loads at offline data preprocessing, online server data preparation, and client visualization. To view and analyze the data for a wide range of client devices, interactive scalability is used. Because of the many different requirements for the client hardware, the size of the supported data is also different. To solve this problem we use multi-resolution slicemap, exchanged between the server and the client, as main data object [3]. The slicemaps are a three-dimensional data structure in the form of an image represented by a mosaic, which consists of a series of two-dimensional images that form a three-dimensional image. We generate a set of image maps of different resolutions for the data set in advance as a cache. To achieve optimal image quality with high performance, the WAVE Framework selects the cache with an appropriate level of detail, evaluating the visual resolution and performance of the client graphics device. In addition, the simplicity of slicemaps makes it possible to optimize processing tasks between the server and the client due to the fact that it minimizes data transfer and server load for better scalability.

By utilizing both the client and the server resources, the WAVE framework is able to produce an interactive 3D preview on most client devices without being restricted neither by the data size nor by the data latency. The WAVE Framework supports zoom-ondemand approach, which reloads the user-selected region using

caches with a high level-of-detail. WAVE Framework is freely available with open source. It is applicable to any scientific domains where interactive 3D viewing is required.

#### **2.1.1.1 Functionality of the WAVE Framework**

The WAVE Framework uses an approach based on interactive scalability, where this framework mainly processes the data at the offline data preprocessing stage, the online server data preparation stage, and the client visualization stage. As shown in Figure 6, the pre-processing of offline data monitors new incoming data from the experiment (step 1) and caches data at different levels of detail (step 2). Depending on the client's performance, the WAVE Framework selects the most optimal cache data that provides visual quality in accordance with the bandwidth (step 3). Then, during the visualization phase, the selected data is displayed on the client, using direct or surface rendering. During the online server data preparation stage, a high-resolution slicemap is generated on-the-fly upon user demand. The generated map uses the cache data to reduce the timeout. To deal with the growing data size in the server storage, data that are no longer in active use, are pushed to a dedicated remote archive (step 4). At the same time, non-persistent caches are flushed while preserving persistent caches. These optimal cache data will subsequently provide a preview of the data [9].

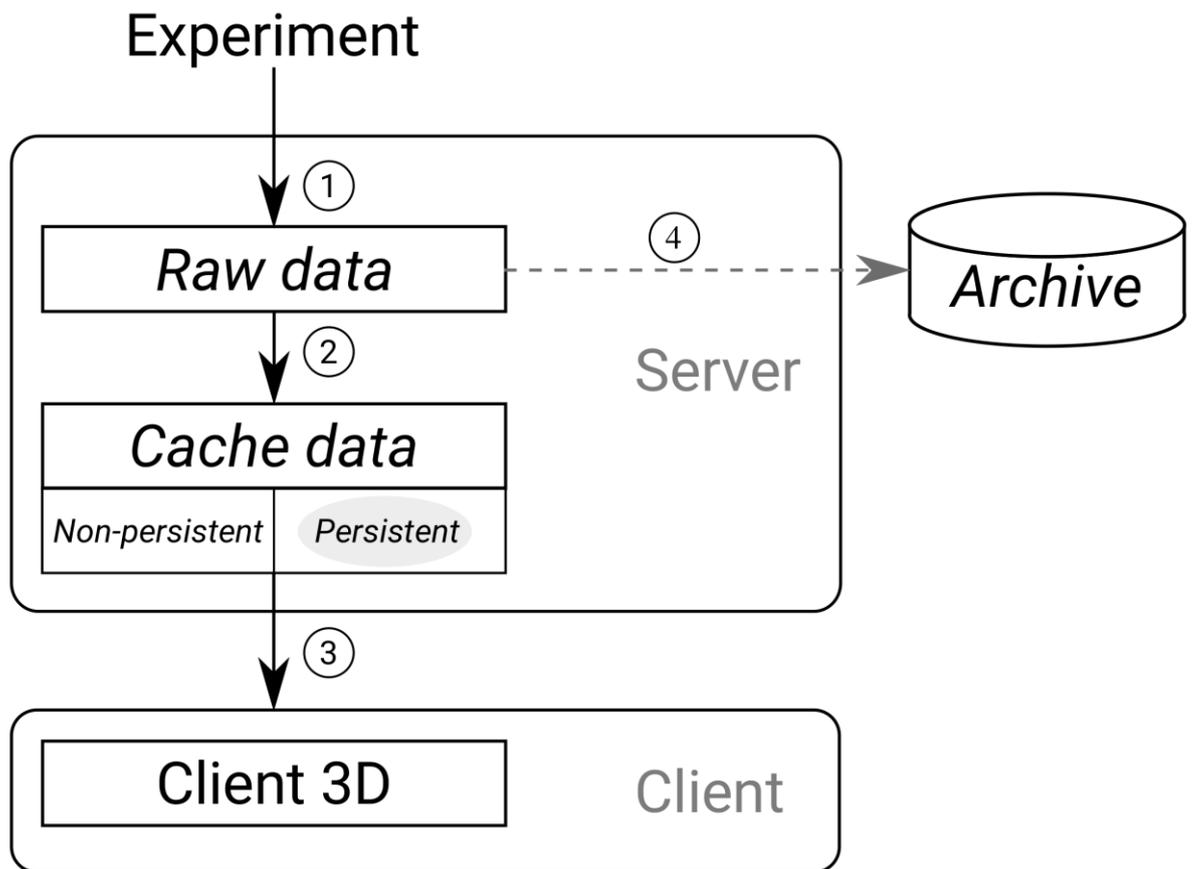


Figure 6 – Data processing in the WAVE Framework

Throughout WAVE framework, the usage of the slicemap is motivated by the lack of 3D texture support in the WebGL. This restriction led us to emulate the 3D texture by utilizing the available 2D texture feature. By packing the image slices into mosaic format, we load these slicemaps into the texture memory and use the pixel shader to calculate the x, y coordinate from the z coordinate of the corresponding slicemap. For example, a  $256 \times 256 \times 64$  volume constitutes a slicemap with  $2048 \times 2048$  pixels arranged as an  $8 \times 8$  grid of  $256 \times 256$  pixels image slice. Figure 7 shows an example of an  $8 \times 8$  image map [3].

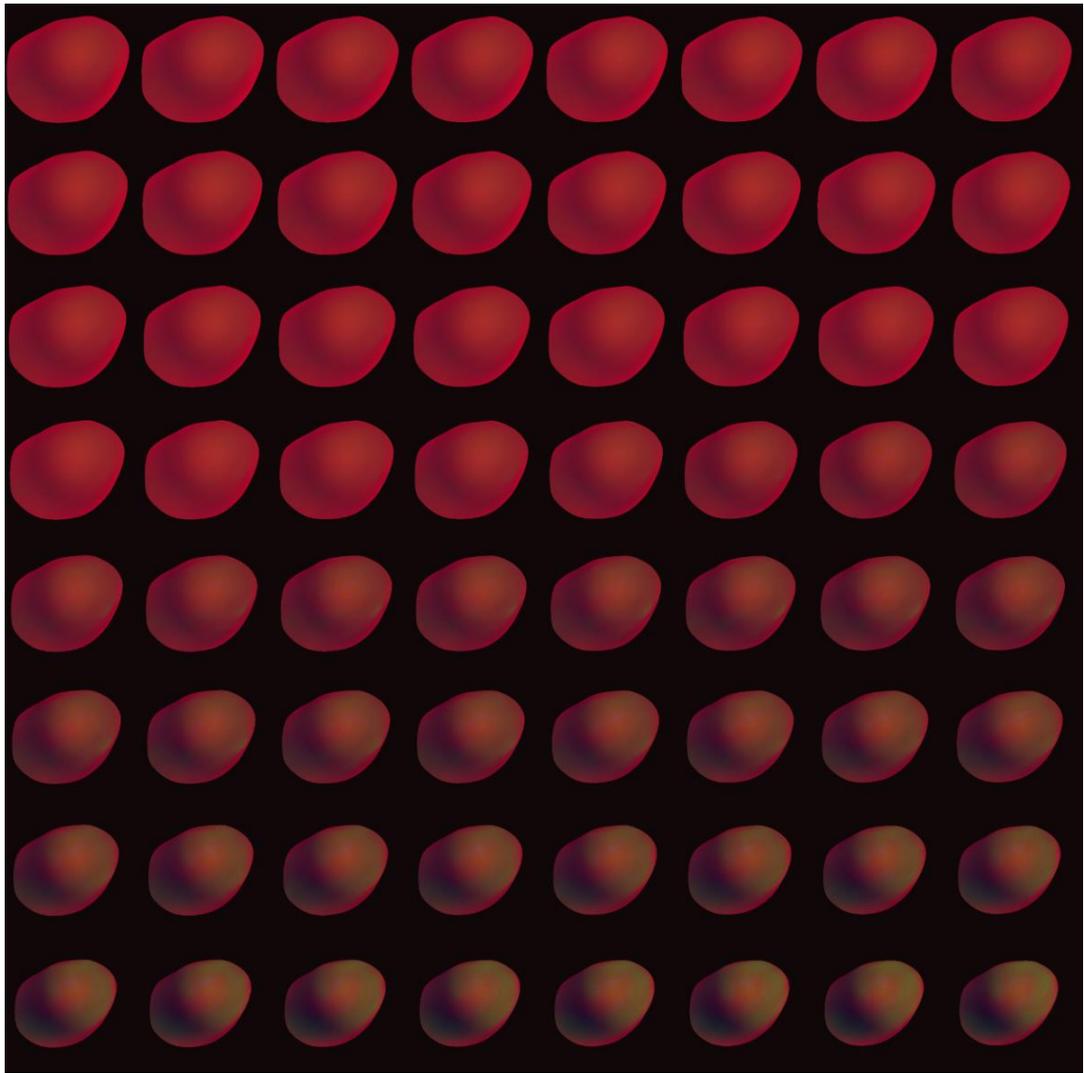


Figure 7 – slicemap  $8 \times 8$

### 2.1.1.2 Server architecture

Figure 4 shows the WAVE server architecture, where each data set undergoes the data reduction, the data caching, and the data thresholding stages before serving the slicemap to the client.

Starting from the raw data stage, a cron service monitors incoming new data sets and triggers a series of batch jobs. These formats are categorized as low-resolution slicemap, high-resolution slicemap, and downsampled volume. With cache data readily available, WAVE framework performs progressive loading by loading a low-resolution slicemap first, followed by a suitable high-resolution slicemap loading in the background. The suitable high-resolution slicemap in this context refers to the slicemap that satisfies the client hardware requirement.

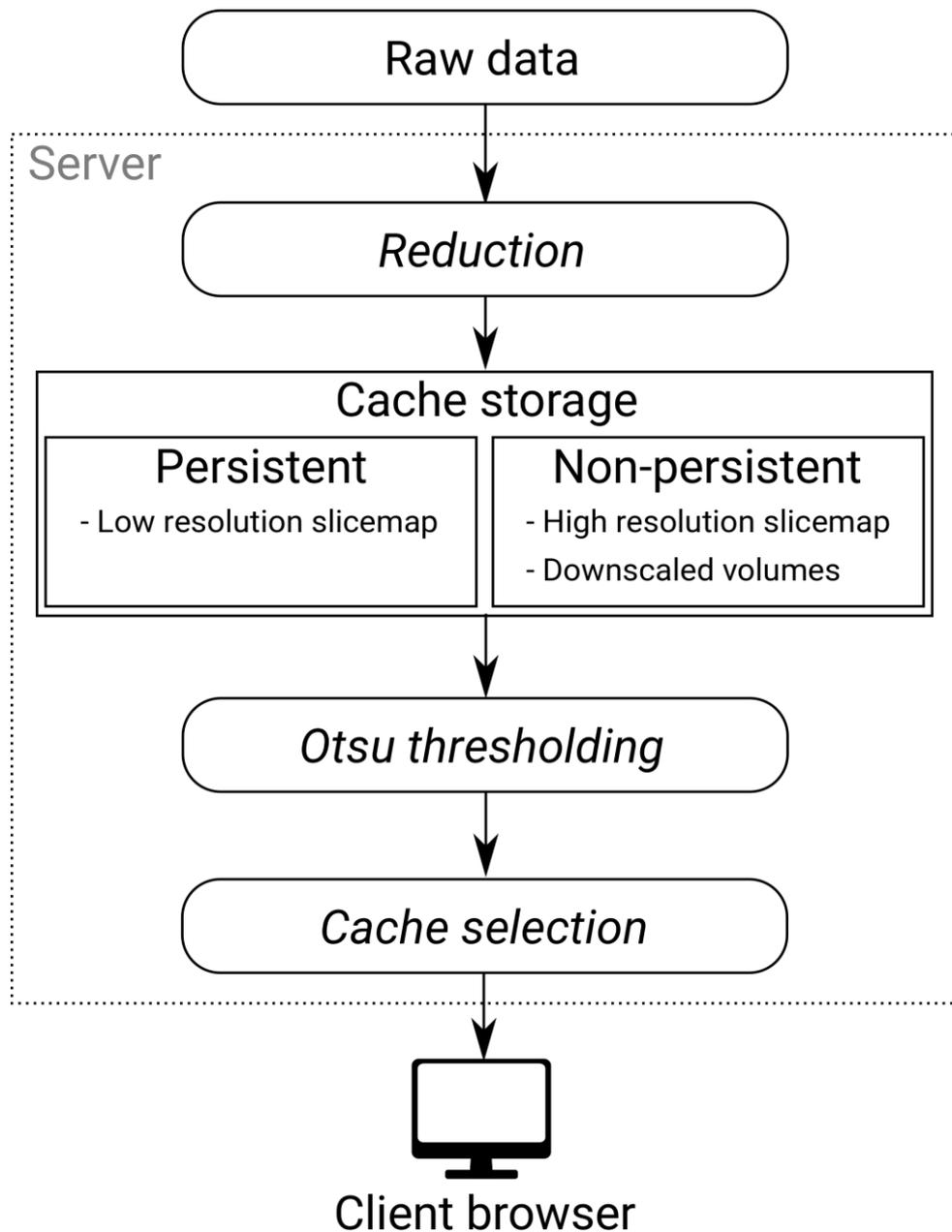


Figure 8 – WAVE server architecture

WAVE also allows generation of slicemap with level of detail higher than the high-resolution slicemap in the zoom-on-demand approach. During the slicemap generation, the cached downscaled volume is used to minimize the wait time. Only the low-resolution slicemap is stored as a persistent cache, whereas the other caches are non-persistent.

### 2.1.1.3 Client Architecture

The WAVE client is implemented in Javascript language, using the ThreeJS library and WebGL. The Javascript language offers platform independence, and it can

be interpreted at every major client browser. Figure 9 depicts the client architecture of the WAVE, which is consist of a core layer, an event handler layer, and an API layer. The core layer is responsible for rendering the slicemap. Within the core layer, the renderer and the shader components perform the direct volume rendering based on the work from Kruger and Westermann [11] and the local surface illumination model using the Blinn-Phong model. WAVE supports both the volume rendering and the surface rendering methods, the volume rendering method is more suited to visualize new data set due to its ability to inspect the inner structure. The surface rendering method provides an attractive visual quality on the segmented data set.

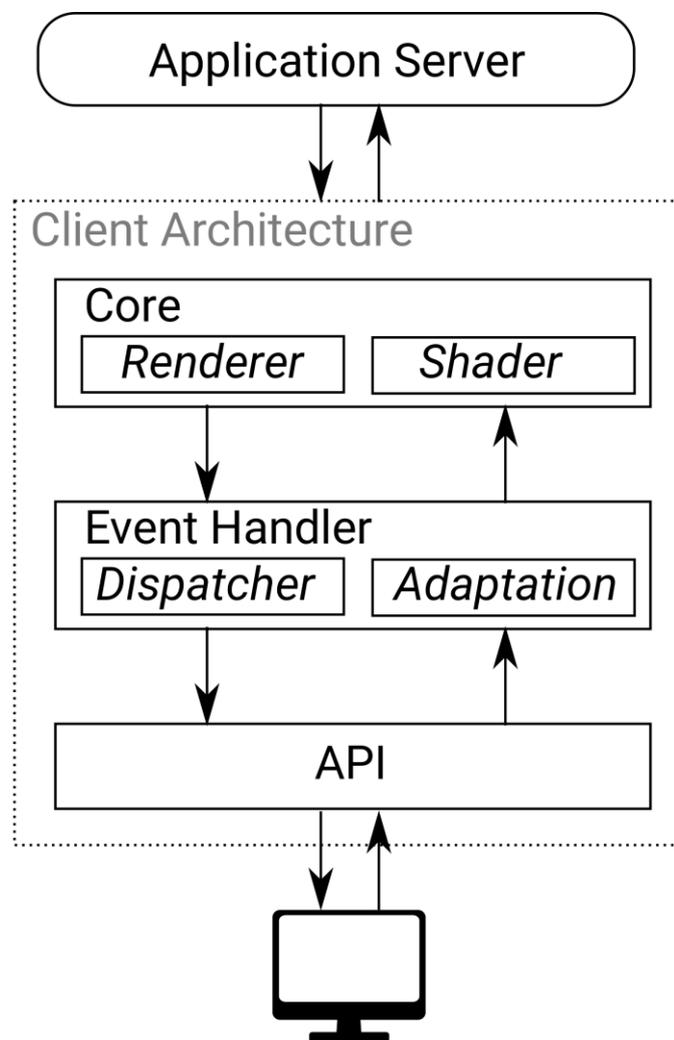


Figure 9 – WAVE client architecture

In the volume rendering approach, ray is emulated and sampled with a constant step size. By varying the step size, the performance and visual detail of the rendered object can be adapted accordingly. This is a matter of tradeoff between

performance and visual detail, where large step size leads to faster rendering but less visual details. We reduce the step size during a dynamic 3D object movement and increase the step size when the object is static [3].

To facilitate the interaction of users with the browser, the WAVE client provides a set of API. These API calls allow the user to configure the core layer from the browser directly. Furthermore, they provide an easy integration into a variety of web applications with varying designs and layouts. In the event handler layer, the adaptation component and the dispatcher component handle the user state and the core layer state between the WAVE client and the user interface. In particular, our client framework provides four features to inspect and analyze the data set:

1. Select a gray value threshold.
2. Adjusting the transfer function.
3. Changing the camera position.
4. Slicing through the 3D object.

The first feature is useful to inspect a new data set, where the grey value threshold is selected to remove the unwanted background. The second feature enables transfer function update. Each grey value is assigned a color according to the selected function to help in classification of the data set. The third feature changes the camera position of the viewer in the 3D scene allowing the user to view the 3D data in any angle and distance. The last feature slices through the 3D object in x, y and z-directions providing flexibility for the user to inspect the inner structure of the data set [9].