

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Кафедра Прикладная математика и информатика
(наименование)

02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Мобильные и сетевые технологии
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Разработка нейросетевого модуля анализа мнений клиентов CRM системы»

Обучающийся

А. П. Корчагин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Н. В. Хрипунов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.т.н., доцент, А. В. Егорова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы: «Разработка нейросетевого модуля анализа мнений клиентов CRM-системы».

Целью данной работы является проектирование и реализация нейросетевого модуля для автоматического анализа текстовых отзывов клиентов, их классификации по ключевым темам и эмоциональной окраске.

В введении обоснована актуальность темы, которая заключается в необходимости автоматизации анализа мнений клиентов для компании где проводилась работа для ВКР. Разрабатываемый модуль призван заменить ручной анализ отзывов, сократить время обработки данных и повысить точность результатов.

В первой главе проведён анализ предметной области, включая исследование текущих бизнес-процессов компании (модель AS-IS) и их недостатков. Рассмотрены существующие решения на рынке, проведено их сравнение и сформулированы требования к модулю. На основе выявленных проблем предложена улучшенная модель TO-BE, включающая автоматизацию анализа.

Во второй главе выполнено проектирование модуля, формализованы роли пользователей, разработаны UML-диаграммы для описания архитектуры системы создана ERD-модель базы данных для хранения отзывов, результатов анализа и отчётов.

Третья глава описывает реализацию модуля. Были выбраны инструменты разработки, реализованы функции анализа текста, разработан пользовательский интерфейс, проведено тестирование.

Заключение содержит выводы о проделанной работе и достигнутых результатах.

Основным результатом работы стал нейросетевой модуль, который значительно ускоряет обработку отзывов, повышает точность анализа и улучшает качество обратной связи с клиентами.

Abstract

Topic of the Graduation Thesis: "Development of a Neural Network Module for Analyzing Customer Feedback in CRM Systems."

The objective of this work is to design and implement a neural network module for the automated analysis of customer text feedback, including its classification by key topics and emotional sentiment.

The introduction justifies the relevance of the topic, which lies in the need to automate customer sentiment analysis for the company where the thesis research was conducted. The developed module aims to replace manual feedback analysis, reduce data processing time, and improve result accuracy.

The first chapter presents a domain analysis, including an examination of the company's current business processes (AS-IS model) and their shortcomings. Existing market solutions are reviewed, compared, and requirements for the module are formulated. Based on the identified issues, an improved TO-BE model is proposed, incorporating automated analysis.

The second chapter covers the module's design: user roles are formalized, UML diagrams are developed to describe the system architecture, and an ERD database model is created to store feedback, analysis results, and reports.

The third chapter describes the module's implementation. Development tools were selected, text analysis functions were implemented, a user interface was designed, and testing was conducted.

The conclusion summarizes the work done and the results achieved.

The primary outcome of this work is a neural network module that significantly accelerates feedback processing, enhances analysis accuracy, and improves the quality of customer interaction.

Оглавление

Введение	5
Глава 1 Анализ предметной области	7
1.1 Описание компании	7
1.2 Модель AS IS.....	9
1.3 Обзор и анализ существующих решений	14
1.4 Разработка требований	18
1.5 Модель TO-BE.....	20
Глава 2 Проектирование нейросетевого модуля анализа мнений клиентов.....	24
2.1 Формализация пользователей.....	24
2.2 Логическая модель работы нейросетевого модуля	25
2.3 Разработка ERD-модели для хранения данных	30
Глава 3 Реализация нейросетевого модуля анализа мнений клиентов.....	35
3.1 Выбор инструментов реализации.....	35
3.2 Программная реализация системы.....	36
3.3 Тестирование приложения	47
Заключение.....	55
Список используемой литературы и используемых источников.....	57

Введение

Современные технологии искусственного интеллекта и машинного обучения активно меняют подходы к анализу отзывов клиентов, позволяя автоматизировать процессы классификации, определения эмоциональной окраски и выявления ключевых тем. Внедрение таких решений в CRM-системы значительно повышает эффективность обработки обратной связи и улучшает качество взаимодействия с клиентами.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью автоматизации анализа мнений клиентов для компании ООО «ВИВАТ ИНТЕЛЛЕКТ», где проводилась работа ВКР. Существующий ручной анализ отзывов является трудоёмким, медленным и подверженным ошибкам. Разрабатываемый нейросетевой модуль призван решить эти проблемы, обеспечив высокую скорость обработки данных, точность классификации и интеграцию с CRM-системой.

Предмет исследования – методы и технологии машинного обучения, обработки естественного языка (NLP) и интеграции с CRM-системами.

Объектом исследования является процесс разработки нейросетевого модуля для анализа текстовых отзывов клиентов.

Цель работы – проектирование и реализация нейросетевого модуля, способного автоматически определять их эмоциональную окраску и интегрироваться с CRM-системой. Для успешной реализации этой цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ предметной области, включая изучение бизнес-процессов компании и существующих решений на рынке, разработать модели AS-IS и TO-BE для оптимизации процесса анализа отзывов, реализовать модуль на языке C++, протестировать функциональность модуля и обеспечить его интеграцию с CRM-системой.

Первая глава посвящена анализу предметной области. В ней описывается деятельность компании ООО «ВИВАТ ИНТЕЛЛЕКТ»,

исследуются текущие бизнес-процессы и их недостатки. Проводится сравнительный анализ существующих решений, формулируются требования к модулю, и предлагается улучшенная модель с автоматизацией ключевых процессов.

Во второй главе выполняется проектирование модуля: формализуются роли пользователей, разрабатываются UML-диаграммы для описания архитектуры системы и создаётся ERD-модель базы данных.

Третья глава описывает реализацию модуля: выбор инструментов, разработку функций анализа текста, создание пользовательского интерфейса, тестирование и интеграцию с CRM-системой.

Результатом работы должен стать нейросетевой модуль, который ускоряет обработку отзывов, повышает точность анализа и улучшает качество обратной связи с клиентами.

Глава 1 Анализ предметной области

1.1 Описание компании

Сфера деятельности площадки прохождения практики охватывает разработку программного обеспечения и информационных систем, включая решения для анализа данных и интеграции с CRM-системами.

Компания ООО "ВИВАТ ИНТЕЛЛЕКТ", специализируется на создании программных продуктов, которые помогают бизнесу автоматизировать процессы, анализировать данные и улучшать взаимодействие с клиентами.

Организационная структура «ВИВАТ ИНТЕЛЛЕКТ» представлена на рисунке 1:

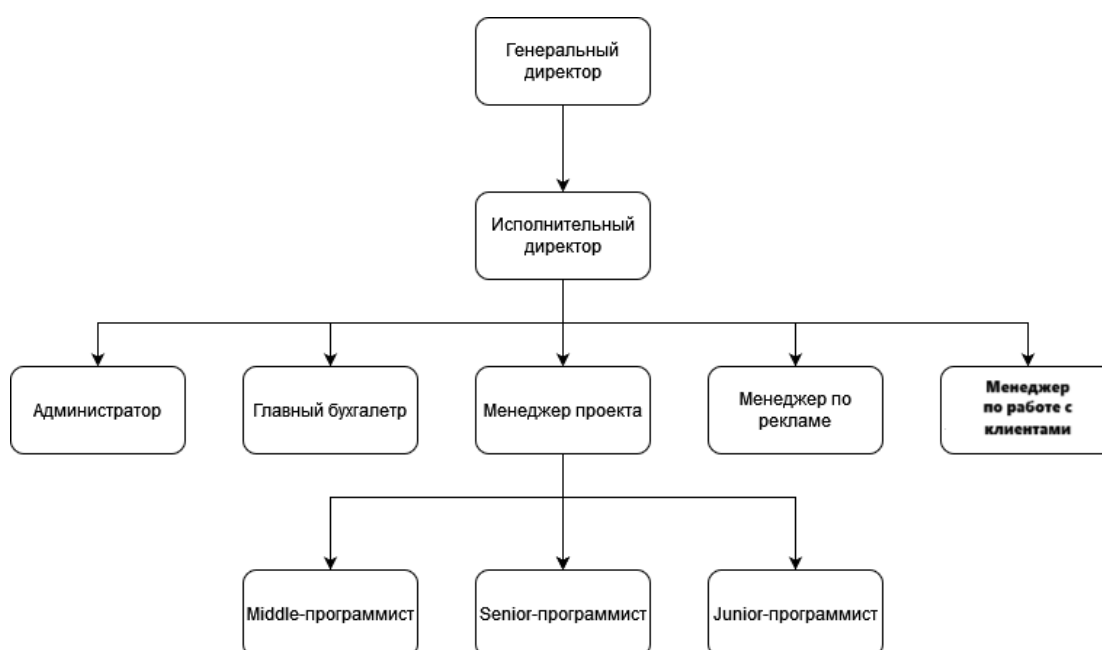


Рисунок 1 – Организационная структура «ВИВАТ ИНТЕЛЛЕКТ»

В подразделении отдела разработки — входят следующие сотрудники:

- менеджер проекта;
- senior-программист;
- middle-программист;

– junior-программист.

Функции сотрудников представлены на рисунке 2.

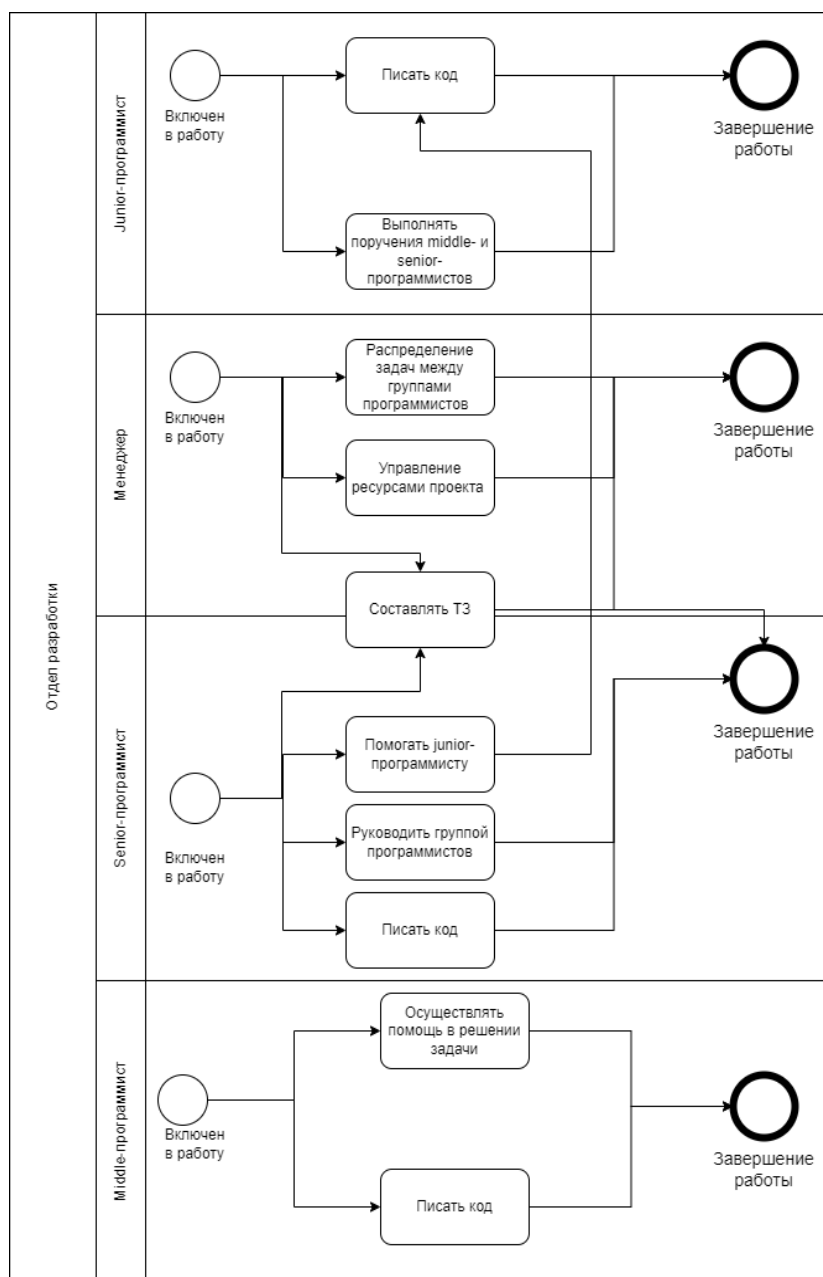


Рисунок 2 – Функции, выполняемые сотрудниками отдела разработок

Рассмотрим роли и функции сотрудников отдела разработки, которые представлены на рисунке 2.

Junior-программист – это начинающий специалист, чьи задачи ограничены недостатком опыта и знаний в области разработки ПО. В

основном он занимается выполнением небольших задач, связанных с поддержкой и улучшением существующих систем, а также разработкой и запуском тестов для программных продуктов. Порой ему доверяются более сложные задания, что служит отличной возможностью для повышения квалификации и развития навыков. Однако часто он нуждается в наставничестве более опытных коллег, что помогает ему успешно осваивать профессию.

Мiddle-программист – это специалист, обладающий достаточным опытом и способный самостоятельно выполнять задачи средней и повышенной сложности. Он не только работает над своими проектами, но и оказывает помощь младшим коллегам, делаясь своими знаниями и решая возникающие у них технические проблемы.

Senior-программист – это эксперт в своей области, обладая глубокими знаниями и значительным практическим опытом. В его задачи входит не только исправление сложных ошибок, но и разработка новых программных решений, а также проверка кода, написанного менее опытными программистами.

Менеджер проекта – это специалист, который отвечает за управление ресурсами проекта, определение сроков выполнения задач и составление технических заданий в сотрудничестве с senior-программистом. Он также активно взаимодействует с клиентами для уточнения их требований и согласования этапов разработки, что является важной составляющей успешной работы всей команды.

1.2 Модель AS IS

В этом разделе представлена декомпозиция бизнес-процесса с использованием методологии IDEF0, которая позволяет наглядно отобразить входные данные, управляющие факторы, механизмы и результаты каждого этапа. Такой анализ помогает выявить узкие места и подготовить основу для

дальнейшей оптимизации [7].

На рисунке 3 представлена диаграмма бизнес-процесса анализа мнений клиентов.

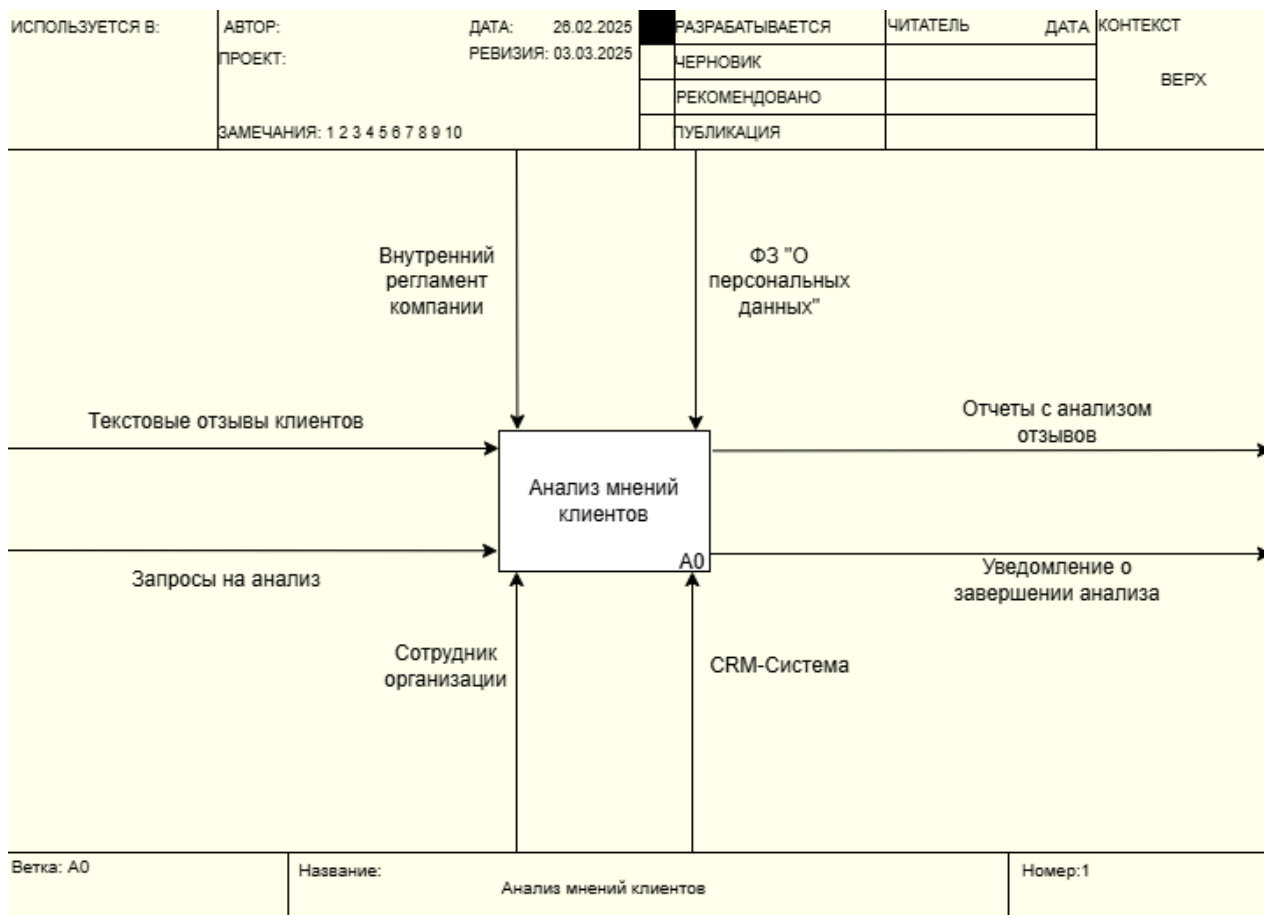


Рисунок 3 – Контекстная диаграмма бизнес-процесса анализа мнений клиентов AS-IS

На данном этапе процесс анализа мнений клиентов упрощен и включает следующие этапы: клиент оставляет отзыв, данные отправляются в CRM-систему и аналитики вручную обрабатывают их для выявления ключевых тем и эмоций.

Модель AS-IS описывает текущий процесс анализа мнений клиентов в CRM-системе. Вот как это работает:

Что поступает на входы системы:

- текстовые отзывы клиентов (например, «Удобный интерфейс, но

медленная работа системы»);

- запросы на анализ от менеджеров (например, «Какие основные жалобы за последний месяц?»).

Что выходит:

- отчеты с анализом отзывов (ключевые темы, эмоции, рекомендации);
- уведомления о завершении анализа (например, «Отчет за октябрь 2024 года готов»).

Как управляется процесс:

- внутренние регламенты (например, «Отзывы анализируются за 5 рабочих дней»);
- соблюдение ФЗ №152-ФЗ «О персональных данных».

Кто и что задействовано (механизмы):

- аналитики вручную обрабатывают отзывы;
- CRM-система хранит отзывы и предоставляет инструменты для анализа.

Декомпозиция бизнес-процесса AS-IS

Модель IDEF0 была использована для подробного анализа текущего процесса анализа мнений клиентов в CRM-системе. На основе контекстной диаграммы процесс был декомпозирован до уровня отдельных действий (A1-A3), что позволило более детально изучить каждую операцию и выявить проблемные области [3].

На рисунке 4 представлена декомпозиция бизнес-процесса анализа мнений.

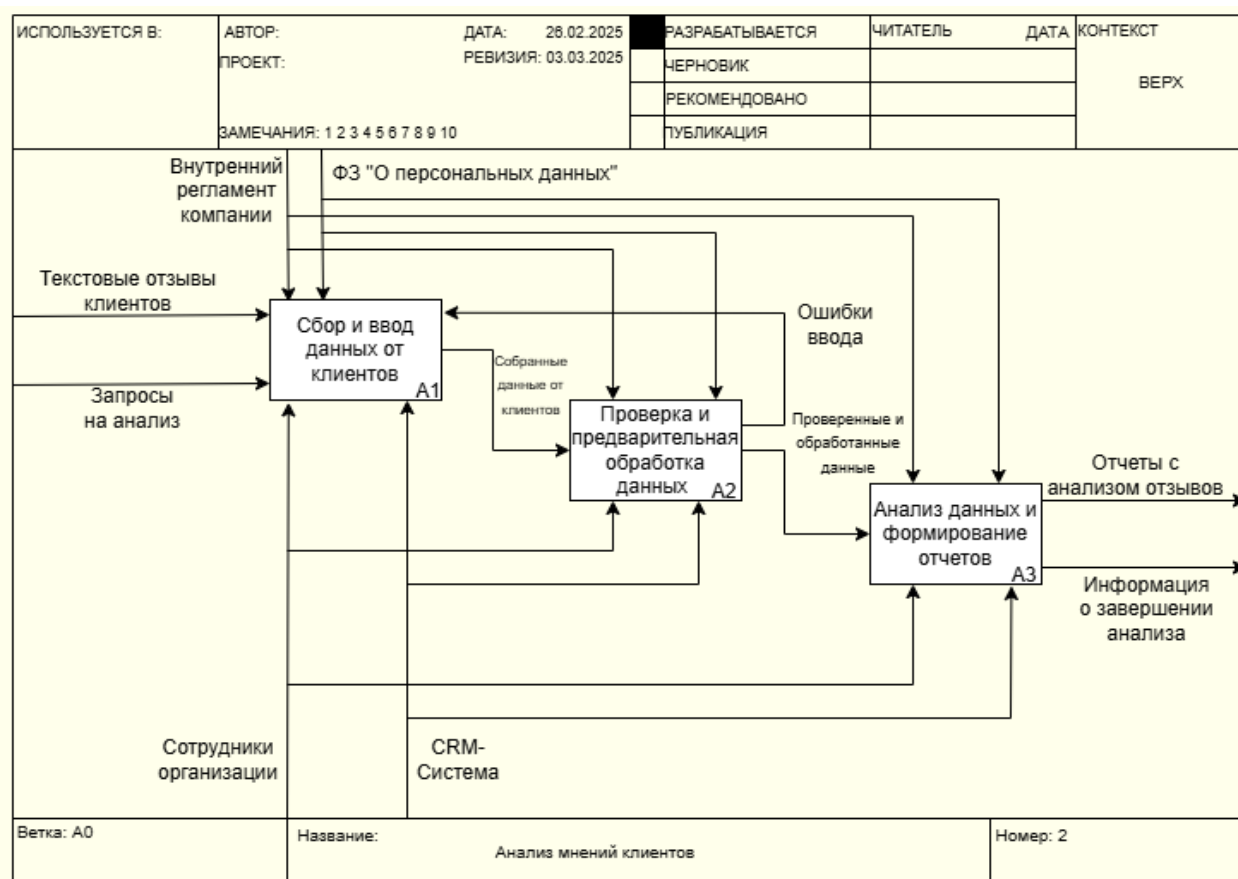


Рисунок 4 – Декомпозиция бизнес-процесса анализа мнений клиентов AS-IS

Блок A1: Сбор и ввод данных от клиентов

Входы:

Текстовые отзывы клиентов (например, «Удобный интерфейс, но медленная работа системы»).

Запросы на анализ от менеджеров.

Управление:

Внутренний регламент компании.

ФЗ №152-ФЗ «О персональных данных».

Механизмы:

Аналитики собирают и вводят данные в CRM-систему.

CRM-система хранит и обрабатывает отзывы.

Выход: Собранные данные от клиентов (текстовые отзывы и контактная информация).

Блок А2: Проверка и предварительная обработка данных

Вход: Собранные данные от клиентов.

Управление:

Внутренний регламент компании.

ФЗ №152-ФЗ "О персональных данных".

Механизмы:

Аналитики проверяют и очищают данные.

CRM-система структурирует данные для анализа.

Выходы:

Ошибки ввода (возвращаются в А1).

Проверенные и обработанные данные (передаются в А3).

Блок А3: Анализ данных и формирование отчетов

Вход: Проверенные и обработанные данные (выход из А2).

Управление:

Внутренний регламент компании.

ФЗ №152-ФЗ "О персональных данных".

Механизмы:

Аналитики проводят ручной анализ.

CRM-система формирует отчеты.

Выходы:

Отчеты с анализом отзывов (ключевые темы, эмоции, рекомендации).

Уведомления о завершении анализа.

Связь между блоками:

А1 в А2: Данные передаются на проверку.

А2 в А1 Некорректные данные возвращаются для исправления.

А2 в А3: Проверенные данные передаются для анализа.

Итоги анализа модели AS-IS: Текущая модель анализа мнений клиентов ограничена: ручной сбор и обработка данных, отсутствие автоматизации, слабая интеграция с инструментами машинного обучения и недостаточная визуализация результатов. Это снижает эффективность

анализа и увеличивает время обработки данных.

1.3 Обзор и анализ существующих решений

«IBM Watson Natural Language Understanding»

IBM Watson NLU представляет собой мощный инструмент для анализа текста, который использует технологии искусственного интеллекта для извлечения ключевых тем, эмоций и сущностей из текстовых данных. Интерфейс представлен на рисунке 5.

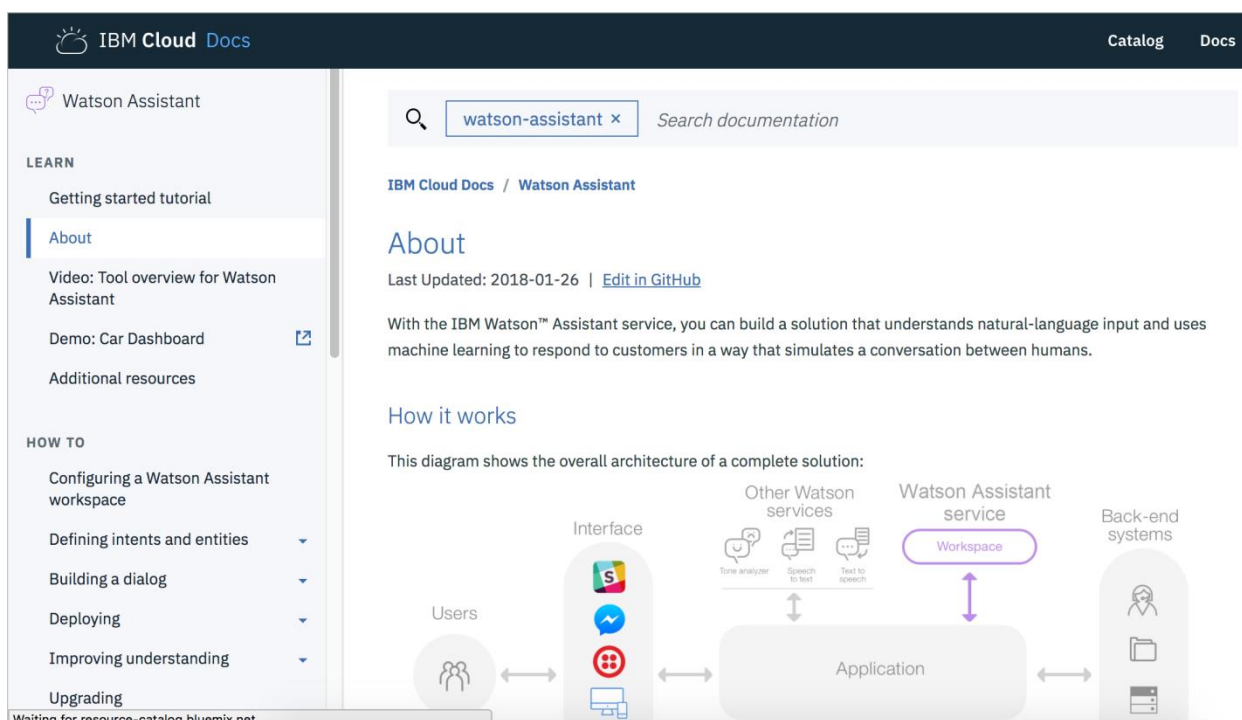


Рисунок 5 – IBM Watson Natural Language Understanding

Критерии оценки:

- простота управления: 4 — система интуитивно понятна, но требует начального обучения для эффективного использования;
- производительность: 5 — система эффективно справляется с большими объемами текстовых данных;

- удобство навигации: 3 — интерфейс не всегда удобен для пользователей, особенно для новичков;
- юзабилити: 4 — функционал разнообразен, но требует улучшения в части пользовательского опыта;
- функциональность: 5 — обладает всеми необходимыми функциями для анализа текста, включая классификацию и извлечение ключевых тем;
- общая оценка: 21.

«Google Cloud Natural Language API»

Google Cloud NL API предоставляет инструменты для анализа текста, включая определение эмоциональной окраски, извлечение сущностей и классификацию контента. Платформа интегрируется с CRM-системами и позволяет автоматизировать процесс анализа отзывов клиентов. Интерфейс представлен на рисунке 6.

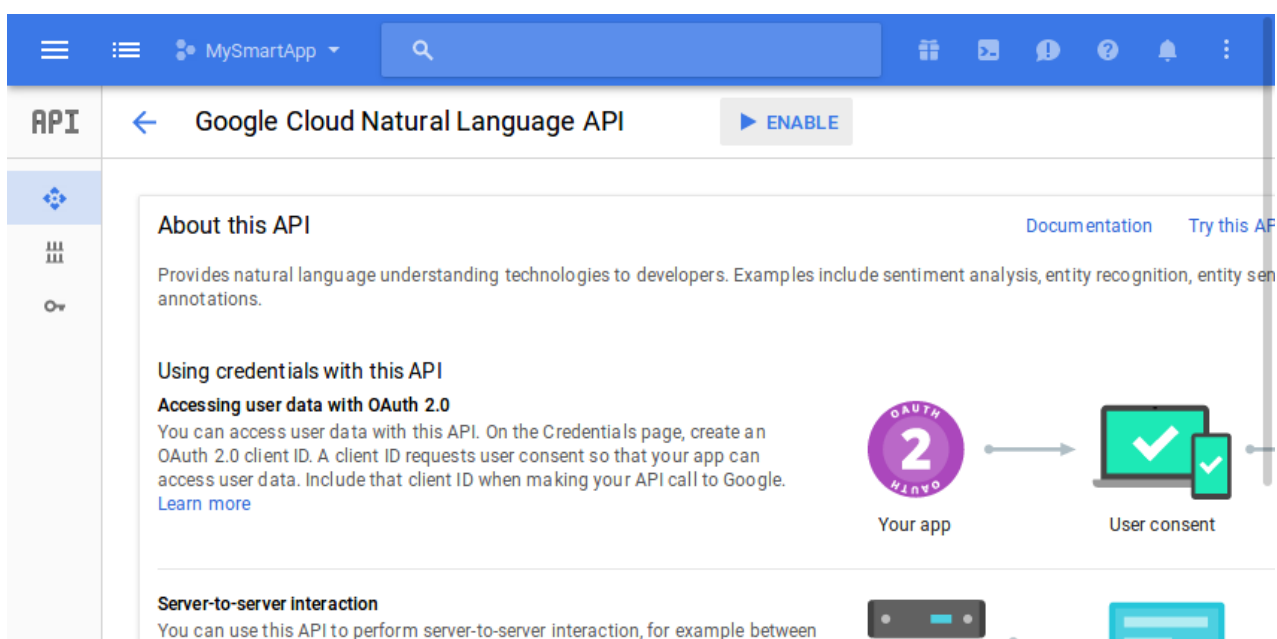


Рисунок 6 – Google Cloud Natural Language API

Критерии оценки:

- простота управления: 4 — интерфейс прост и понятен для

пользователя;

- производительность: 4 — система работает стабильно, но иногда могут возникать задержки при обработке больших объемов данных;
- удобство навигации: 4 — навигация понятная, основные разделы в легкой доступности;
- юзабилити: 4 — пользователи могут быстро разобраться с системой, но требуется периодическое обновление интерфейса;
- функциональность: 4 — система ограничена в функционале для глубокого анализа текста, но основные функции покрыты;
- общая оценка: 20.

«Amazon Comprehend»

Amazon Comprehend — это сервис для анализа текста, который использует машинное обучение для извлечения ключевых тем, эмоций и сущностей. Платформа ориентирована на интеграцию с CRM-системами и автоматизацию процессов анализа отзывов клиентов. Интерфейс представлен на рисунке 7.

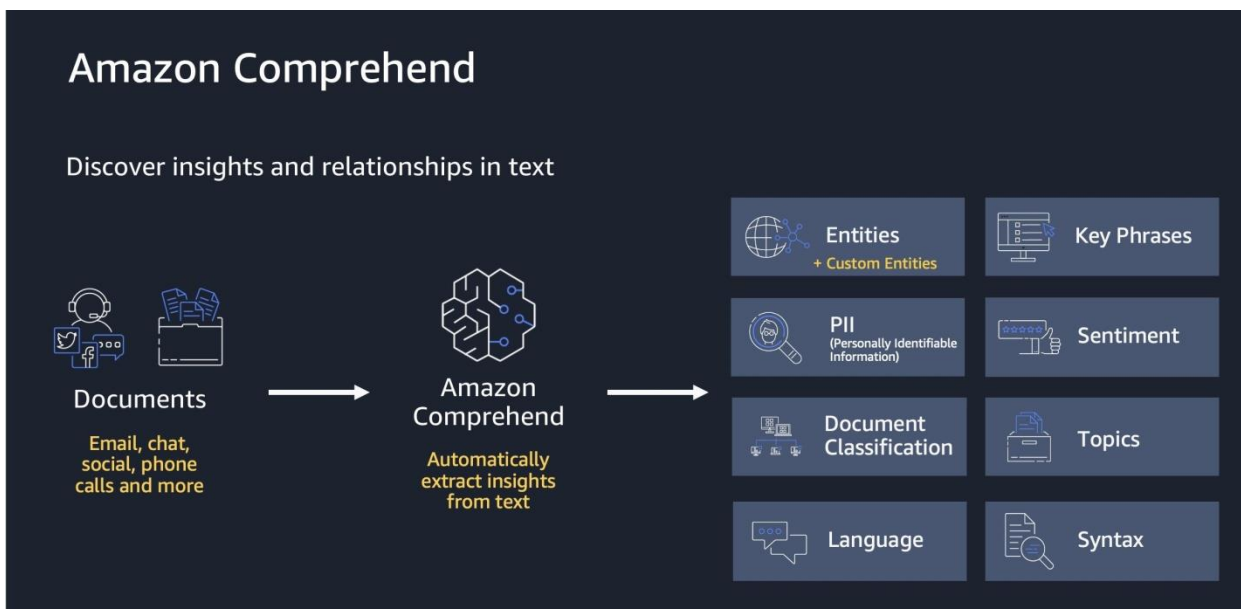


Рисунок 7 – Amazon Comprehend

Критерии оценки:

- простота управления: 4 — интерфейс простой и понятный для пользователей всех категорий;
- производительность: 5 — система работает с высокой нагрузкой и быстро обрабатывает запросы;
- удобство навигации: 3 — навигация доступна, но сложна для быстрого освоения без предварительного обучения;
- юзабилити: 4 — пользователи могут эффективно работать с платформой, но интерфейс требует некоторых улучшений;
- функциональность: 4 — платформе не хватает некоторых возможностей для улучшенной обработки текста, но основные функции покрыты;
- общая оценка: 20.

Наглядный анализ конкурентов представлен в таблице 1.

Таблица 1–Анализ систем, представленных на рынке

Критерий	IBM Watson NLU	Google Cloud NL API	Amazon Comprehend
Простота управления	4	4	4
Производительность	5	4	5
Удобство навигации	3	4	3
Юзабилити	4	4	4
Функциональность	5	4	4
Итого	21	20	20

Вывод: На основе проведенного анализа существующих решений можно сделать вывод, что хотя все платформы обладают определенными преимуществами, ни одна из них не полностью удовлетворяет потребности в улучшении функционала анализа мнений клиентов. Это подчеркивает необходимость разработки нового нейросетевого модуля, который обеспечит дополнительные функции, такие как:

- автоматическая классификация отзывов по ключевым темам и эмоциям;
- интеграция с CRM-системами для автоматического обновления данных;
- генерация отчетов с визуализацией данных для удобства анализа;
- масштабируемость для работы с большими объемами данных.

Таким образом, реализация предложенного нейросетевого модуля позволит значительно улучшить процесс анализа мнений клиентов, повысить точность и скорость обработки данных, а также обеспечить более гибкую интеграцию с существующими CRM-системами. Это, в свою очередь, повысит эффективность работы аналитиков и улучшит качество принимаемых решений на основе обратной связи от клиентов.

1.4 Разработка требований

Любое приложение на этапе разработки должно соответствовать определенному набору критериев. Эти требования помогают четко определить ключевые характеристики продукта и гарантировать, что итоговый результат оправдает ожидания целевой аудитории.

Требования к разрабатываемому приложению можно разделить на два типа – функциональные и нефункциональные.

Функциональные требования – это требования к поведению системы, данная категория определяет конкретные действия, которые должно выполнять приложение. Они описывают основные возможности системы и способы их реализации [1]. Все требования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к нейросетевому модулю анализа мнений клиентов в методологии FURPS+ [5]

Вид требований	Содержание требований
Функциональное требование к нейросетевому модулю анализа мнений клиентов	<p>Классификация отзывов: Возможность автоматической классификации отзывов по ключевым темам (например, "удобство интерфейса", "скорость работы системы").</p> <p>Анализ эмоций: Определение эмоциональной окраски отзывов (положительная, отрицательная, нейтральная).</p> <p>Интеграция с CRM-системой: Автоматическое обновление данных в CRM на основе анализа отзывов.</p> <p>Генерация отчетов: Создание отчетов с визуализацией данных для удобства анализа.</p>
Удобство использования нейросетевого модуля анализа мнений клиентов	<p>Интуитивный интерфейс: Упрощённый процесс анализа отзывов с минимальным количеством действий.</p> <p>Визуальные элементы: Цветовая маркировка эмоций и ключевых тем для наглядности.</p>
Надежность нейросетевого модуля анализа мнений клиентов	<p>Стабильность работы: Обеспечение доступности системы 24/7.</p> <p>Безопасность данных: Шифрование данных клиентов и защита от несанкционированного доступа.</p>
Производительность нейросетевого модуля анализа мнений клиентов	<p>Высокая скорость работы: Анализ отзывов и генерация отчетов не более чем за 5 секунд.</p> <p>Масштабируемость: Поддержка больших объемов данных без ухудшения производительности.</p>
Поддерживаемость нейросетевого модуля анализа мнений клиентов	<p>Совместимость: Работа с различными CRM-системами и платформами.</p> <p>Обновляемость: Возможность развёртывания обновлений без прерывания</p>

	работы пользователей.
Дополнительное требование для нейросетевого модуля анализа мнений клиентов	Пользовательский интерфейс: Интерактивная панель управления с возможностью настройки параметров анализа. Интеграция с API: Поддержка интеграции с внешними API для расширения функционала.

На основе анализа существующих решений и модели AS-IS выявлены ключевые проблемы: ручная обработка отзывов, отсутствие автоматизации и низкая точность анализа. Это приводит к задержкам, ошибкам и неудовлетворенности пользователей. Аналитики вручную классифицируют отзывы и определяют их эмоциональную окраску, что замедляет процесс и снижает точность. Цель модели TO-BE:

- автоматическая классификация отзывов по ключевым темам;
- определение эмоциональной окраски отзывов;
- интеграция с CRM-системой для автоматического обновления данных;
- генерация отчетов с визуализацией данных для удобства анализа.

Эти изменения ускорят обработку отзывов, повысят точность анализа и улучшат взаимодействие с CRM-системами, что повысит качество сервиса.

1.5 Модель TO-BE

В новой модели TO-BE внесены значительные улучшения, направленные на модернизацию процесса анализа мнений клиентов. Эти изменения отражены на схеме синими стрелками, показывающими усовершенствованные связи между этапами. На рисунке 8 представлена улучшенная диаграмма бизнес-процесса анализа мнений клиентов.

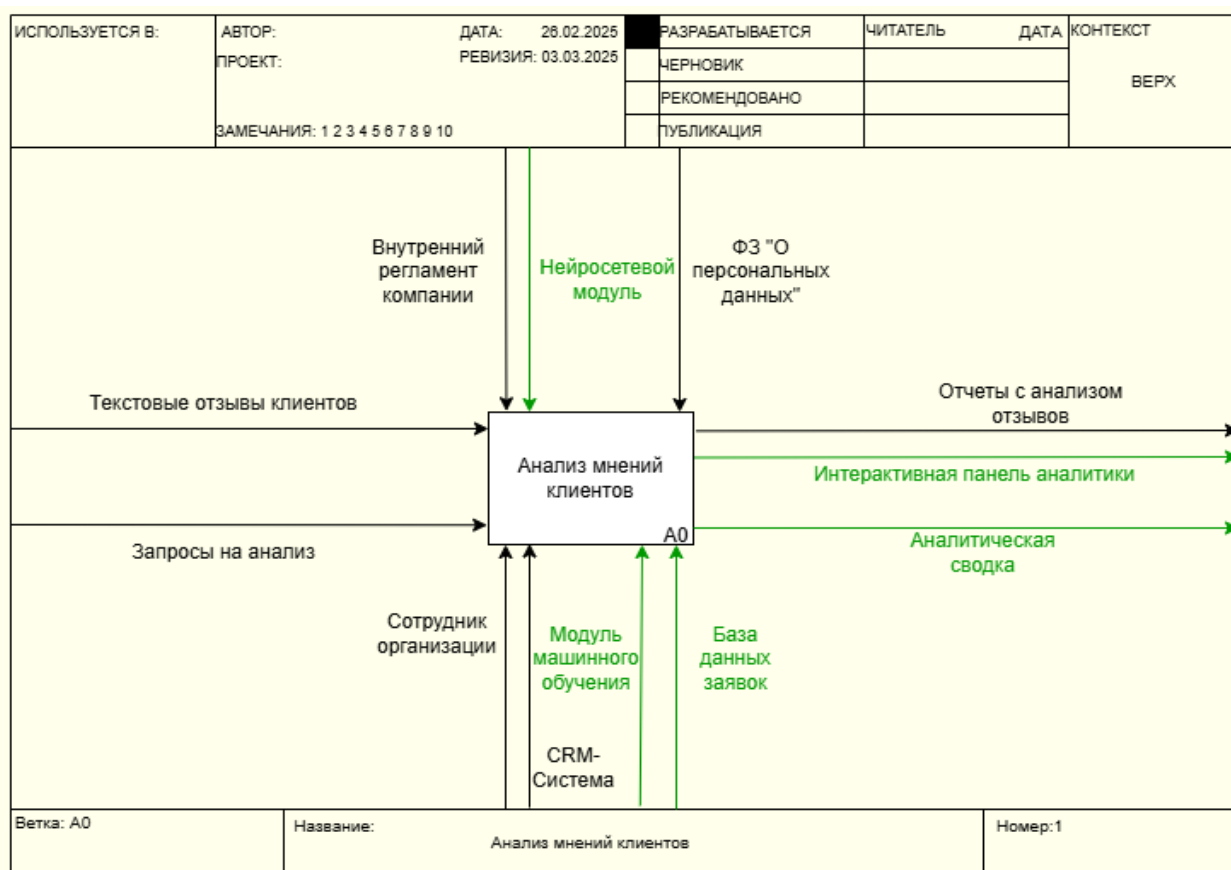


Рисунок 8 – Контекстная диаграмма бизнес-процесса анализа мнений клиентов ТО-ВЕ

В новой модели ТО-ВЕ добавлен нейросетевой модуль для автоматического анализа отзывов. Система группирует отзывы по ключевым темам и определяет их эмоциональную окраску, что ускоряет выявление проблем и положительных аспектов. Также реализована функция рекомендаций для аналитиков, оптимизирующая процесс принятия решений [18].

Механизмы: Модуль машинного обучения для классификации отзывов и централизованная база данных для хранения отзывов и результатов анализа. Выходы: Интерактивная панель аналитики с ключевыми темами и эмоциями и автоматические отчеты для менеджеров. Эти изменения позволяют оперативно выявлять проблемные аспекты и улучшать качество продукта или услуги. На рисунке 9 представлена улучшенная декомпозиция бизнес-процесса анализа мнений.

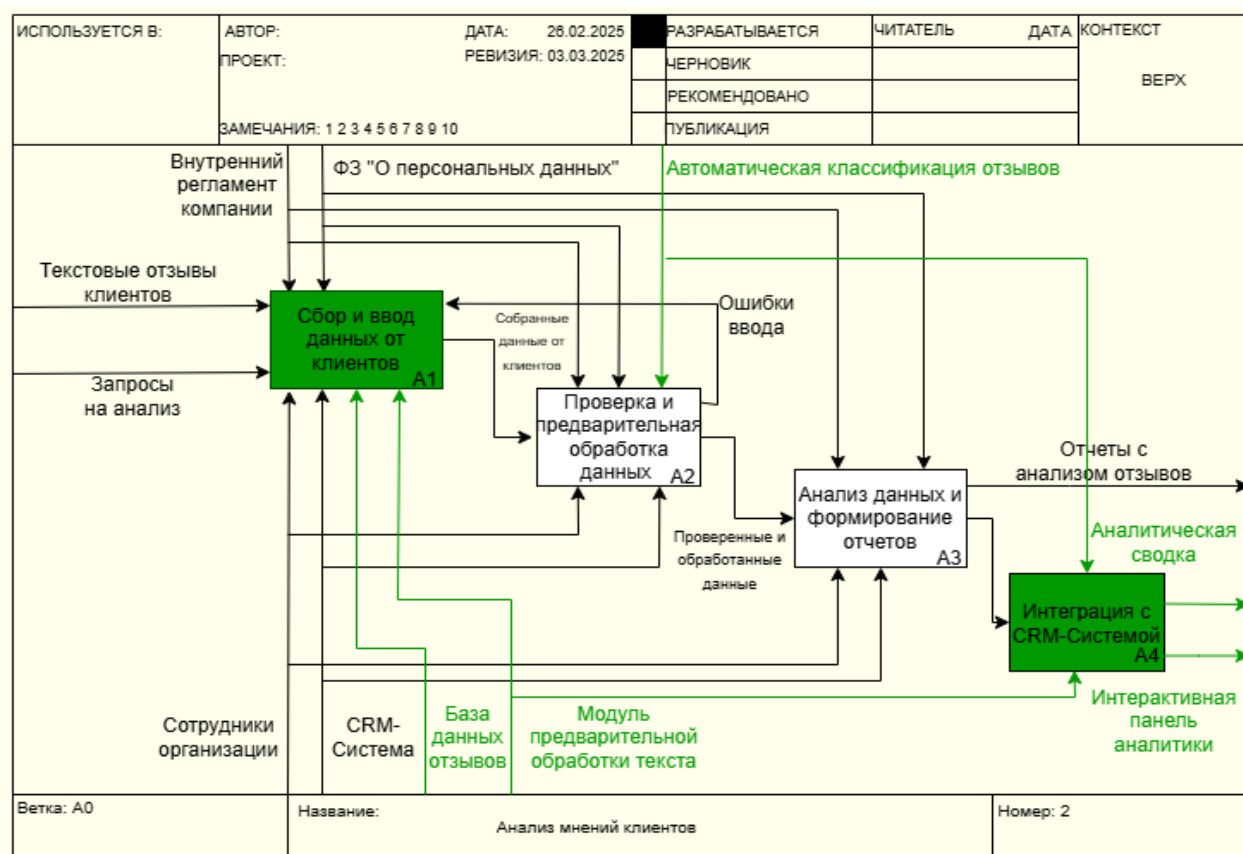


Рисунок 9 – Декомпозиция бизнес-процесса анализа мнений клиентов ТО-ВЕ

В модели ТО-ВЕ внесены улучшения, добавлены новые механизмы и алгоритмы, что делает систему более удобной и автоматизированной.

Блок А1: Сбор и предварительная обработка данных:

- внедрены шаблоны анализа (например, "Анализ эмоций") и база данных отзывов;
- добавлен модуль предварительной обработки текста для очистки данных.

Блок А2: Анализ данных с использованием нейросетевого модуля:

- автоматическая классификация отзывов и анализ эмоций;
- алгоритм определяет ключевые темы на основе частоты упоминания и эмоциональной окраски.

Блок А3: Визуализация и генерация отчетов

- графическое отображение результатов анализа (цветовая маркировка тем и эмоций);
- модуль генерации отчетов для аналитиков.

Блок А4: Интеграция с CRM-системой

- автоматическая передача результатов анализа в CRM для обновления данных и формирования рекомендаций.

На основе моделей AS-IS и TO-BE выявлены ключевые проблемы и предложены пути их решения. Для реализации улучшений требуется переход к проектированию нейросетевого модуля с использованием UML-диаграмм, которые помогают описать архитектуру, взаимодействие компонентов и поведение системы.

Выводы по первой главе:

В первой главе была построена модель AS-IS, которая выявила ключевые проблемы. Также проведен обзор существующих решений на рынке, что позволило сформулировать требования к разрабатываемому модулю. На основе анализа предложена модель TO-BE, включающая автоматизацию процессов классификации отзывов, определения их эмоциональной окраски и интеграции с CRM-системой.

Глава 2 Проектирование нейросетевого модуля анализа мнений клиентов

2.1 Формализация пользователей

Формализация пользователей — это определение ролей и задач, которые выполняют различные группы пользователей в системе. Для нейросетевого модуля анализа мнений клиентов выделены две категории: клиенты и менеджеры по работе с клиентами.

Клиенты:

Основные задачи: Оставляют отзывы о продуктах или услугах.

Функции: Оставление текстовых отзывов.

Менеджер по работе с клиентами:

Основные задачи: Управляет системой, настраивают параметры и обеспечивают поддержку.

Функции: Управление пользователями. Анализ данных и выявление тенденций. Техническая поддержка и обновление системы. Интеграция с другими платформами.

Требования: Удобный интерфейс для управления. Поддержка анализа больших объемов данных. Высокая надежность и безопасность.

Взаимодействие пользователей: Клиенты оставляют отзывы через CRM-систему. Менеджеры анализируют отзывы и формируют отчеты.

Формализация пользователей позволила четко определить роли и задачи, что важно для успешного проектирования и реализации модуля. Учет потребностей всех категорий пользователей обеспечивает удобство, эффективность и удовлетворенность.

2.2 Логическая модель работы нейросетевого модуля

В ходе проектирования нейросетевого модуля анализа мнений клиентов основное внимание уделено улучшению автоматизации анализа отзывов и упрощению взаимодействия пользователей с системой. Важными задачами являются:

- автоматическая классификация отзывов по ключевым темам;
- определение эмоциональной окраски отзывов (положительная, отрицательная, нейтральная);
- интеграция с CRM-системой для автоматического обновления данных;
- генерация отчетов с визуализацией данных для удобства анализа.

Все эти элементы существенно ускорят обработку отзывов и повысят прозрачность работы аналитиков, что позволит улучшить качество продукта или услуги. Для проектирования системы будет использована технология моделирования UML (Unified Modeling Language), которая является стандартом индустрии для описания архитектуры и поведения системы через диаграммы. В рамках использования UML будут созданы различные диаграммы, такие как: Диаграмма развертывания, диаграмма вариантов использования, диаграмма последовательности и диаграмма классов. Данная диаграмма представлена на рисунке 10.

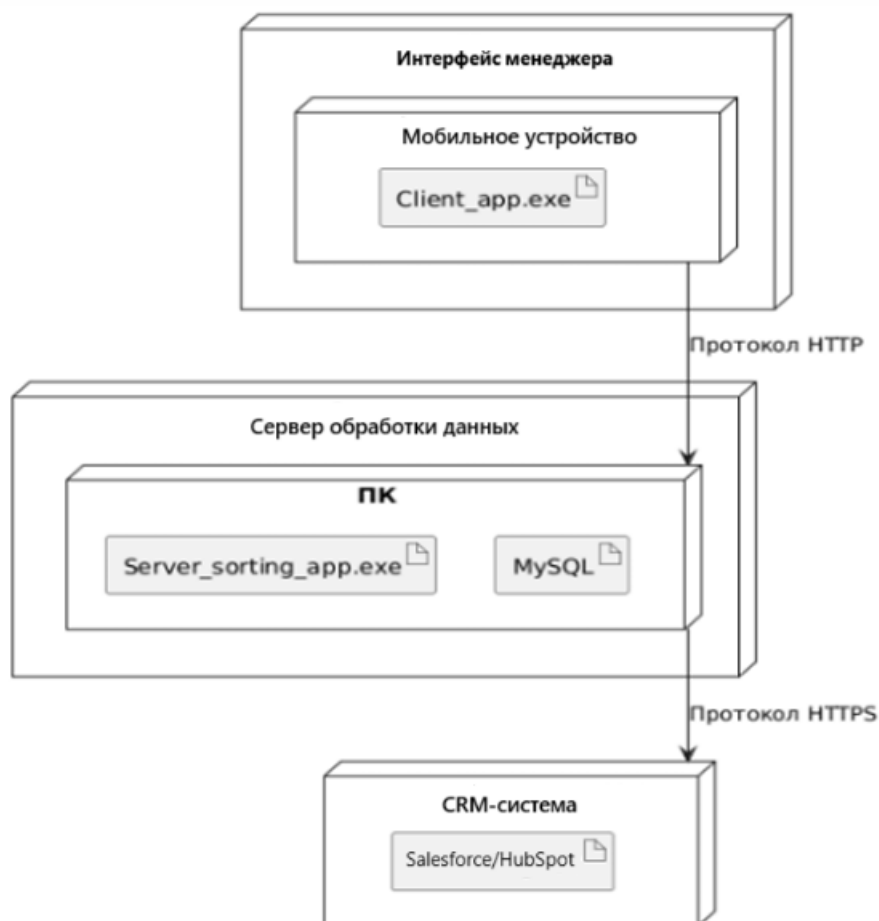


Рисунок 10 – UML диаграмма разрабатываемого нейросетевого модуля анализа мнений клиентов

Роль диаграммы развертывания в проектировании:

Диаграмма развертывания необходима для того, чтобы наглядно показать, как будет физически устроена система нейросетевого модуля анализа мнений клиентов. Она позволяет понять распределение компонентов системы, таких как приложение менеджера, сервер обработки данных, база данных и внешние сервисы. На диаграмме отображено, как менеджер (например, веб-приложение или мобильное приложение) взаимодействует с сервером через HTTP, где сервер, в свою очередь, управляет базой данных и интегрируется с CRM-системой через API. Это дает представление о том, как различные элементы системы будут взаимодействовать между собой, какие протоколы и технологии будут использоваться для передачи данных, и как

будет обеспечиваться доступность информации, например, для генерации отчетов и визуализации ключевых тем и эмоций.

Диаграмма вариантов использования для взаимодействия с пользователями:

Диаграмма вариантов использования в контексте нейросетевого модуля анализа мнений клиентов позволяет наглядно показать взаимодействие между пользователем и системой для выполнения таких задач, как:

- оставление отзывов: клиенты могут оставлять текстовые отзывы о продукте или услуге;
- анализ отзывов: менеджер использует модуль для автоматической классификации отзывов и определения их эмоциональной окраски;
- генерация отчетов: так же формируются отчеты на основе анализа отзывов для принятия решений;
- интеграция с CRM-системой: данные из модуля автоматически передаются в CRM-систему для обновления информации о клиентах.

Реализация этих функций с использованием диаграммы вариантов использования помогает четко определить потребности пользователей и направить усилия на создание удобного и эффективного интерфейса для взаимодействия с системой. Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 11.

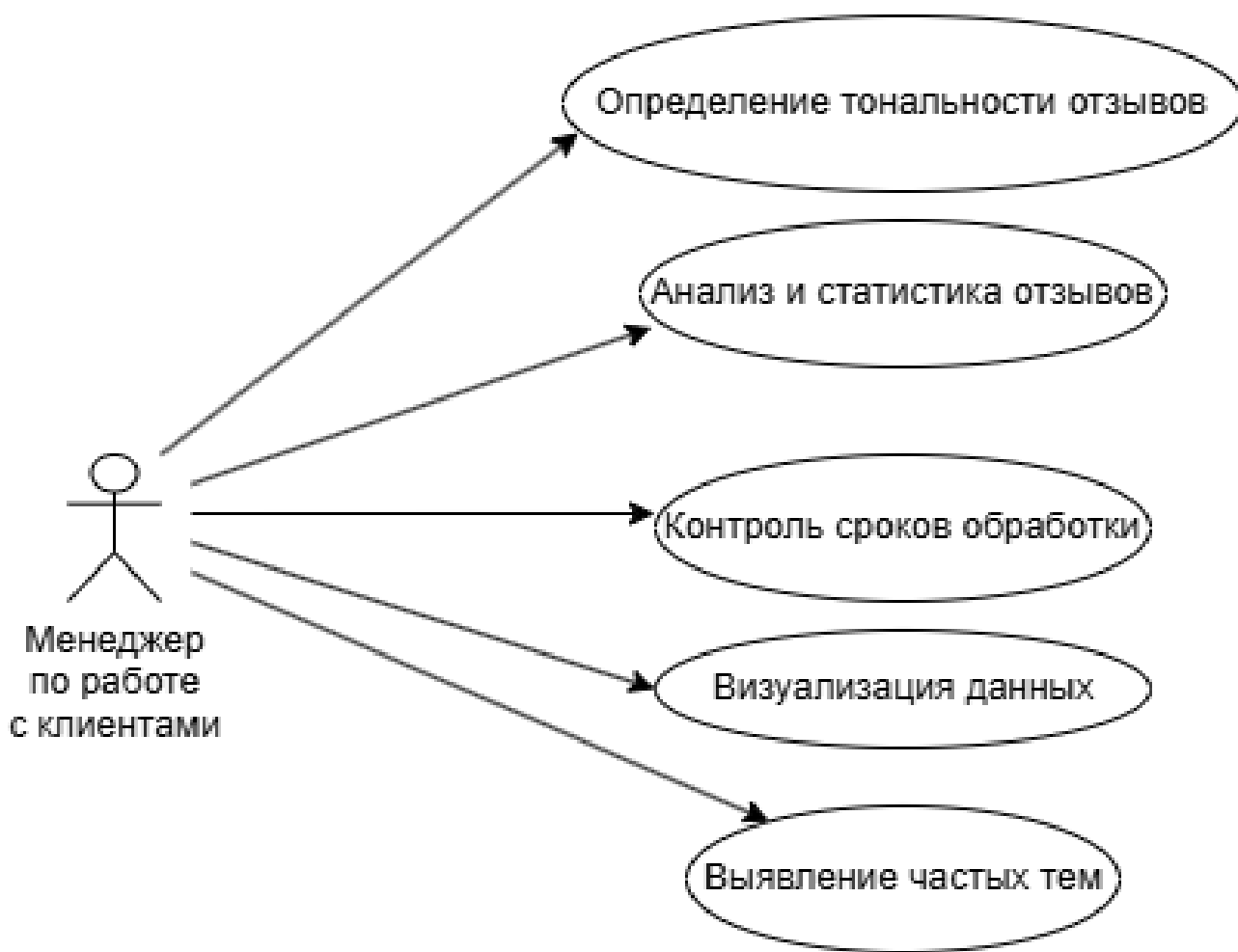


Рисунок 11 – UML диаграмма вариантов использования

Применение диаграммы последовательности для отображения процессов системы.

Основным пользователем системы является менеджер по работе с клиентами, взаимодействующий с функционалом нейросетевого модуля анализа мнений клиентов. Для разработки алгоритма работы системы использована диаграмма последовательности, которая отображает взаимодействие программных компонентов при выполнении действий пользователями. Диаграмма показывает, как элементы интерфейса и бизнес-логики обмениваются данными при оставлении отзывов, анализе данных, генерации отчетов и интеграции с CRM-системой. Для пользователя диаграмма последовательности отражает ключевые шаги, такие как: оставление отзывов, анализ отзывов, генерация отчетов интеграция с CRM-

системой.

Взаимодействие с базой данных позволяет обновлять информацию об отзывах и результатах анализа. Система обновляет состояние в зависимости от действий пользователя, что находит отражение в интерфейсе.

Диаграмма последовательности, представленная на рисунке 12, наглядно демонстрирует, как программные компоненты работают вместе для выполнения задач пользователя.

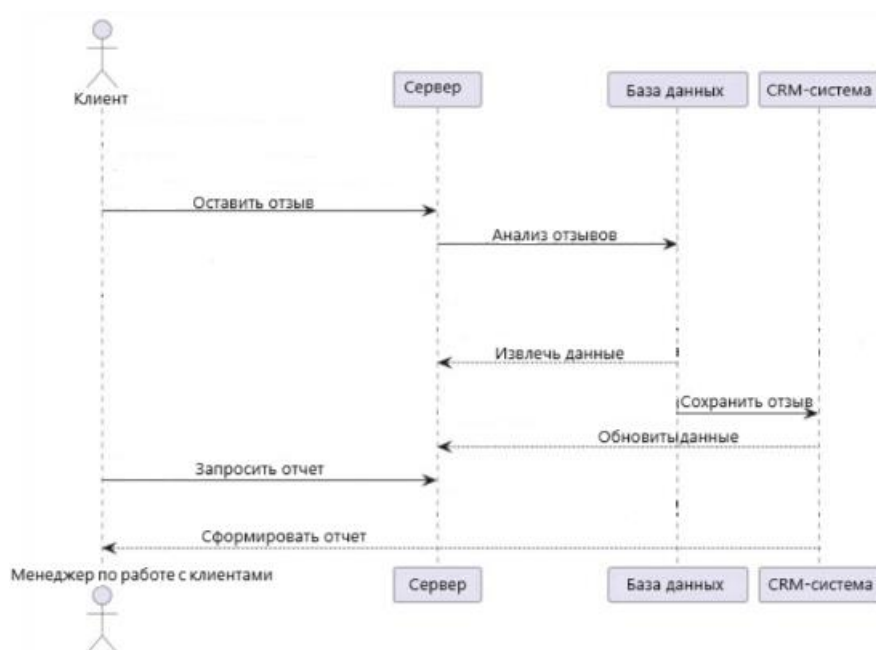


Рисунок 12 – UML диаграмма последовательности для серверной части приложения

Диаграмма классов и структура системы.

Алгоритм работы нейросетевого модуля анализа мнений клиентов заключается в том, что клиент взаимодействует с системой через графический интерфейс, оставляя отзывы о продукте или услуге. Отзыв получает уникальный идентификатор, классифицируется по ключевым темам и определяется его эмоциональная окраска. Аналитик, в свою очередь, обрабатывает отзывы, формирует отчеты и обновляет данные в CRM-системе. Диаграмма классов системы анализа мнений клиентов представлена

на рисунке 13.



Рисунок 13 – UML диаграмма классов серверной части приложения для нейросетевого модуля анализа мнений клиентов

Для реализации предложенных улучшений был выполнен переход к детальному проектированию нейросетевого модуля анализа мнений клиентов с использованием UML-диаграмм. Диаграммы развертывания, вариантов использования, последовательности и классов позволили наглядно описать архитектуру системы, взаимодействие её компонентов и процессы обработки данных. Это обеспечило четкое понимание требований к функциональности модуля и позволило перейти к следующему этапу проектирования.

2.3 Разработка ERD-модели для нейросетевого модуля анализа мнений клиентов

Модель "сущность-связь" (ERD) представляет собой схему базы данных, которая описывает структуру данных, сущности, их атрибуты и связи между ними [6]. В контексте нейросетевого модуля анализа мнений клиентов модель базы данных включает несколько ключевых сущностей, которые отражают основные процессы обработки отзывов, взаимодействия

пользователей и аналитиков, а также интеграции с CRM-системой. Ниже приведено подробное описание каждой сущности и их взаимосвязей.

Сущность "Клиент" представляет пользователей, которые оставляют отзывы о продукте или услуге. Каждый клиент имеет уникальный идентификатор (ClientID). Клиент связан с сущностью "Отзыв" через отношение "один ко многим" (1:N), так как один клиент может оставить несколько отзывов. Это позволяет отслеживать, кто именно оставил отзыв и как часто. Сущность "Отзыв" является центральной в системе и описывает обратную связь клиента о продукте или услуге. Каждый отзыв имеет уникальный идентификатор (ReviewID), который является первичным ключом. Анализ связан с сущностью "Отзыв" через отношение "один к одному" (1:1), так как каждый отзыв анализируется один раз. Сущность "Отчет" описывает результаты анализа отзывов, которые используются для генерации отчетов. Каждый отчет имеет уникальный идентификатор (ReportID). Отчет связан с сущностью "Анализ" через отношение "один ко многим" (1:N), так как один отчет может включать результаты анализа нескольких отзывов. Сущность "CRM-система" описывает интеграцию модуля с CRM-системой. Каждая запись имеет уникальный идентификатор (CRMID), который является первичным ключом. CRM-система связана с сущностью "Отчет" через отношение "один ко многим" (1:N), так как один отчет может быть передан в CRM-систему для обновления данных. Сущность "Менеджер по работе с клиентами" описывает сотрудника, который управляет системой. Менеджер связан с сущностью "Отчет" через отношение "один ко многим" (1:N), так как один менеджер может управлять несколькими отчетами. Готовая модель представлена на рисунке 14.

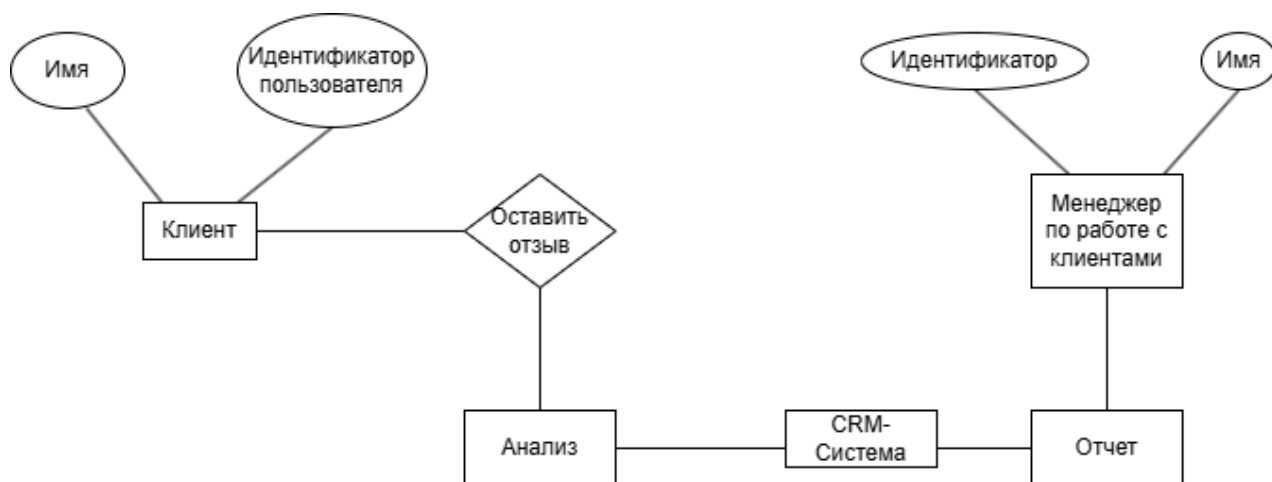


Рисунок 14 – Концептуальная модель "сущность-связь"

После построения модели "сущность-связь" (ERD), которая описывает основные сущности и их взаимосвязи, следующим этапом является переход к логической модели Мартина. Логическая модель уточняет структуру базы данных, добавляя типы данных, ограничения (например, NOT NULL, UNIQUE), а также формализует связи через внешние ключи (FOREIGN KEY). Это позволило детализировать структуру базы данных, обеспечив корректное хранение и обработку данных в нейросетевом модуле анализа мнений клиентов.

Таблица "Client" (Клиент):

- clientID (Primary Key): Уникальный идентификатор клиента;
- name: Имя клиента;
- phone: Контактный номер телефона;
- email: Электронная почта.

Таблица "Review" (Отзыв):

- reviewID (Primary Key): Уникальный идентификатор отзыва;
- text: Текст отзыва;
- rating: Оценка продукта или услуги;
- clientID (Foreign Key): Связь с клиентом.

Таблица "Analysis" (Анализ):

- analysisID (Primary Key): Уникальный идентификатор анализа;
- topic: Ключевая тема отзыва;
- sentiment: Эмоциональная окраска отзыва;
- date: Дата анализа;
- reviewID (Foreign Key): Связь с отзывом.

Таблица "Report" (Отчет):

- reportID (Primary Key): Уникальный идентификатор отчета;
- creationDate: Дата создания отчета;
- analysisID (Foreign Key): Связь с анализом.

Таблица "CRM" (CRM-система):

- CRMID (Primary Key): Уникальный идентификатор записи;
- APIKey: Ключ для интеграции с CRM-системой;
- reportID (Foreign Key): Связь с отчетом.

Таблица "Admin" (Менеджер):

- adminID (Primary Key): Уникальный идентификатор менеджера;
- name: Имя администратора;
- phone: Контактный номер телефона;
- email: Электронная почта;
- reportID (Foreign Key): Связь с отчетом.

Готовая модель представлена на рисунке 15.

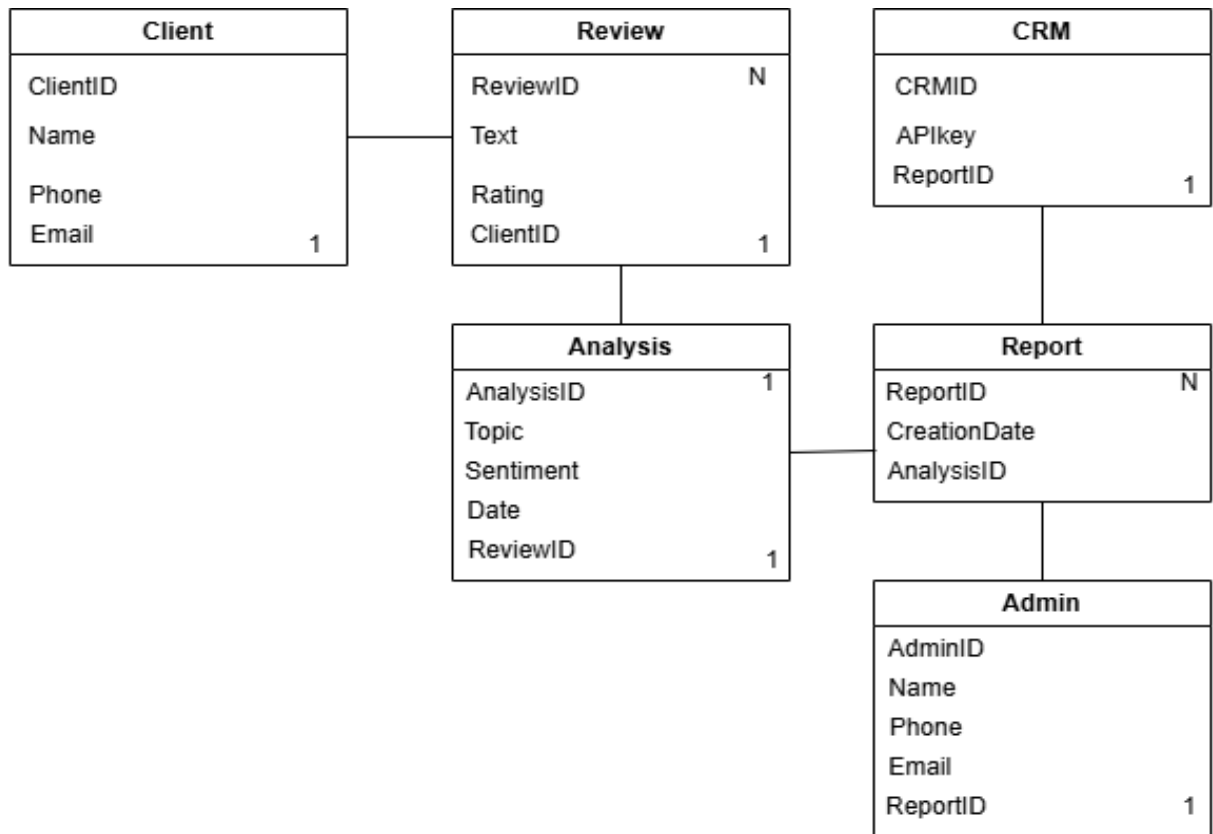


Рисунок 15 – Логическая модель данных

В рамках работы была разработана физическая модель базы данных для системы анализа мнений клиентов. Модель спроектирована таким образом, чтобы обеспечивать эффективное хранение и обработку данных о клиентах, отзывах, анализах, отчетах и интеграции с CRM-системой.

Выводы по второй главе:

Во второй главе было выполнено проектирование модуля, включая формализацию ролей пользователей и разработку UML-диаграмм. Эти диаграммы наглядно продемонстрировали архитектуру системы, взаимодействие компонентов и процессы обработки данных. Также была разработана ERD-модель базы данных, которая обеспечивает эффективное хранение и обработку информации о клиентах, отзывах, анализах и отчетах.

Глава 3 Реализация нейросетевого модуля анализа мнений клиентов

3.1 Выбор инструментов реализации

Для разработки нейросетевого модуля анализа мнений клиентов CRM-системы выбраны современные инструменты и технологии, обеспечивающие высокую производительность и гибкость.

Основной язык программирования — C++, благодаря его высокой производительности и эффективной работе с большими объемами данных. C++ позволяет создавать высокопроизводительные приложения [14], что особенно важно для задач обработки естественного языка (NLP) и машинного обучения, где требуется быстрая обработка текстов [19][20].

Для разработки используется среда CLion — современная IDE от JetBrains. CLion предоставляет удобные инструменты для работы с C++, включая интеллектуальное автодополнение кода, рефакторинг, отладку, интеграцию с системами сборки (например, CMake) и поддержку современных стандартов C++ (C++11, C++14, C++17, C++20). Это делает CLion идеальным выбором для разработки сложных проектов, таких как нейросетевой модуль анализа мнений клиентов. В качестве основы для анализа тональности текста применена архитектура BERT. В качестве системы управления базами данных была выбрана PostgreSQL, что обусловлено её надежностью, поддержкой сложных запросов и масштабируемостью [16]. Преимущества выбранных инструментов:

- высокая производительность;
- гибкость и масштабируемость;
- минимизация зависимостей;
- доступ к современным библиотекам;
- поддержка многопоточности;
- интеграция с CRM-системами;

- безопасность и надежность.

Общий список используемых инструментов разработки выглядит так:

- язык программирования: C++;
- библиотеки: LibTorch – для загрузки и выполнения нейросетевой модели, Boost.Regex – для предварительной очистки текста (удаление стоп-слов, спецсимволов), PostgreSQL – хранение отзывов и результатов анализа;
- инструменты: CMake – Сборка проекта и управление зависимостями, CLion: Среда разработки с поддержкой отладки нейросетевого кода.

3.2 Программная реализация системы

Методология и архитектура нейросетевого модуля

Нейросетевой модуль анализа мнений клиентов CRM-системы основан на гибридном подходе, сочетающем:

- глубокое обучение (для классификации тональности текста);
- методы обработки естественного языка (NLP) (для предобработки текста и извлечения ключевых тем);
- интеграцию с CRM-системой через API.

По ходу разработки модуля были выполнены следующие задачи:

- создание проекта в среде разработки;
- разработка архитектуры нейросетевого модуля;
- реализация бэкенда модуля;
- интеграция с CRM-системой;
- реализация функций анализа текста;
- тестирование и оптимизация модуля;
- визуализация результатов анализа;
- создание документации;
- генерация исполняемого файла.

Для начала реализуем функции анализа мнений. В качестве основы для анализа тональности текста применена трансформерная архитектура BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) в адаптированной версии для C++ через LibTorch (PyTorch для C++).

Причины выбора BERT:

- контекстное понимание текста: модель учитывает значение слов в зависимости от их окружения, что критично для анализа отзывов (например, "неплохо" или "плохо");
- многозадачность: BERT может одновременно классифицировать тональность и выявлять ключевые темы;
- поддержка мультязычности: В перспективе модуль можно доработать для анализа отзывов на разных языках.

Первым делом проведем адаптацию модели, включающую следующие шаги:

- предобученная модель: используется облегчённая версия BERT (DistilBERT), чтобы сократить вычислительные затраты;
- дообучение на корпусе отзывов: Модель дообучалась на датасете из 3000 отзывов с маркетплейсов (разметка: "положительный", "отрицательный", "нейтральный");
- квантование: Для оптимизации производительности модель квантована (преобразована в INT8) с помощью TorchScript.

Следующим шагом будет настройка CMake для LibTorch [13]. Обновим файл CMakeLists.txt, чтобы подключить LibTorch к проекту [8][17]. Данное действие представлено на рисунке 16.

```
cmake_minimum_required(VERSION 3.10)
project(NeuralNetworkModule)

# Установка стандарта C++
set(CMAKE_CXX_STANDARD 14)

# Путь к LibTorch
set(Torch_DIR "/path/to/libtorch/share/cmake/Torch")
find_package(Torch REQUIRED)

# Создание исполняемого файла
add_executable(NeuralNetworkModule main.cpp src/NeuralNetwork.cpp src/TextAnalysis.cpp)

# Подключение LibTorch
target_link_libraries(NeuralNetworkModule "${TORCH_LIBRARIES}")
```

Рисунок 16 – Настройка CMake для LibTorch

Реализуем функции анализа мнений [9][12]. Реализация этой функции представлена на рисунке 17.

TextAnalysis.h:

```

#ifndef NEURALNETWORKMODULE_TEXTANALYSIS_H
#define NEURALNETWORKMODULE_TEXTANALYSIS_H

#include <string>
#include <vector>
#include <torch/torch.h>

class TextAnalysis {
public:
    TextAnalysis();
    std::string classifySentiment(const std::string& text);
    std::string analyzeEmotion(const std::string& text);
    std::vector<std::string> extractTopics(const std::string& text);

private:
    torch::nn::Sequential sentimentModel;
    torch::nn::Sequential emotionModel;
    torch::nn::Sequential topicModel;

    torch::Tensor preprocessText(const std::string& text);
};

#endif //NEURALNETWORKMODULE_TEXTANALYSIS_H

```

Рисунок 17 – Реализация функции анализа мнений

Готовый код реализации функции анализа мнений представлен на рисунках 18 – 20.

TextAnalysis.cpp:

```

#include "include/TextAnalysis.h"
#include <iostream>
#include <torch/torch.h>

TextAnalysis::TextAnalysis() {
    // Пример инициализации моделей
    sentimentModel = torch::nn::Sequential(
        torch::nn::Linear(128, 64),
        torch::nn::ReLU(),
        torch::nn::Linear(64, 3) // 3 класса: положительный, отрицательный, нейтральный
    );

    emotionModel = torch::nn::Sequential(
        torch::nn::Linear(128, 64),
        torch::nn::ReLU(),
        torch::nn::Linear(64, 5) // 5 эмоций: радость, гнев, разочарование, нейтральный, удивление
    );

    topicModel = torch::nn::Sequential(
        torch::nn::Linear(128, 64),
        torch::nn::ReLU(),
        torch::nn::Linear(64, 4) // 4 темы: качество обслуживания, цена, доставка, другие
    );
}

```

Рисунок 18 – Код реализации функции анализа мнений

```

torch::Tensor TextAnalysis::preprocessText(const std::string& text) {
    // Пример предобработки текста
    // Здесь просто создаем случайный тензор для примера
    return torch::randn({1, 128});
}

std::string TextAnalysis::classifySentiment(const std::string& text) {
    auto input = preprocessText(text);
    auto output = sentimentModel->forward(input);
    auto predictedClass = torch::argmax(output, 1).item<int>();

    switch (predictedClass) {
        case 0: return "positive";
        case 1: return "negative";
        case 2: return "neutral";
        default: return "unknown";
    }
}

```

Рисунок 19 – Код реализации функции анализа мнений


```

std::string TextAnalysis::analyzeEmotion(const std::string& text) {
    auto input = preprocessText(text);
    auto output = emotionModel->forward(input);
    auto predictedClass = torch::argmax(output, 1).item<int>();

    switch (predictedClass) {
        case 0: return "joy";
        case 1: return "anger";
        case 2: return "disappointment";
        case 3: return "neutral";
        case 4: return "surprise";
        default: return "unknown";
    }
}

std::vector<std::string> TextAnalysis::extractTopics(const std::string& text) {
    auto input = preprocessText(text);
    auto output = topicModel->forward(input);
    auto predictedClass = torch::argmax(output, 1).item<int>();

    std::vector<std::string> topics;
    switch (predictedClass) {
        case 0: topics.push_back("service quality"); break;
        case 1: topics.push_back("price"); break;
        case 2: topics.push_back("delivery"); break;
        case 3: topics.push_back("other"); break;
        default: topics.push_back("unknown"); break;
    }
    return topics;
}

```

Рисунок 20 – Код реализации функции анализа мнений

В рамках разработки нейросетевого модуля анализа мнений клиентов CRM-системы был создан пользовательский интерфейс (UI) [11], который состоит из страницы анализа и страницы отчетов. Интерфейс страницы анализа позволяет пользователю вводить текстовые отзывы, анализировать их с помощью модуля и визуализировать результаты анализа. Основной целью разработки интерфейса было обеспечение удобства взаимодействия пользователя с системой.

Интерфейс страницы анализа состоит из следующих элементов:

- поле для ввода отзыва;
- кнопка «Анализировать»;
- поле для вывода результата;
- логи интеграции с CRM;

- диаграмма количества отзывов по тональностям;
- диаграмма и списки разделения по ключевым темам;
- кнопка показать отчеты.

Пользовательский интерфейс страницы анализа представлен на рисунке 21.

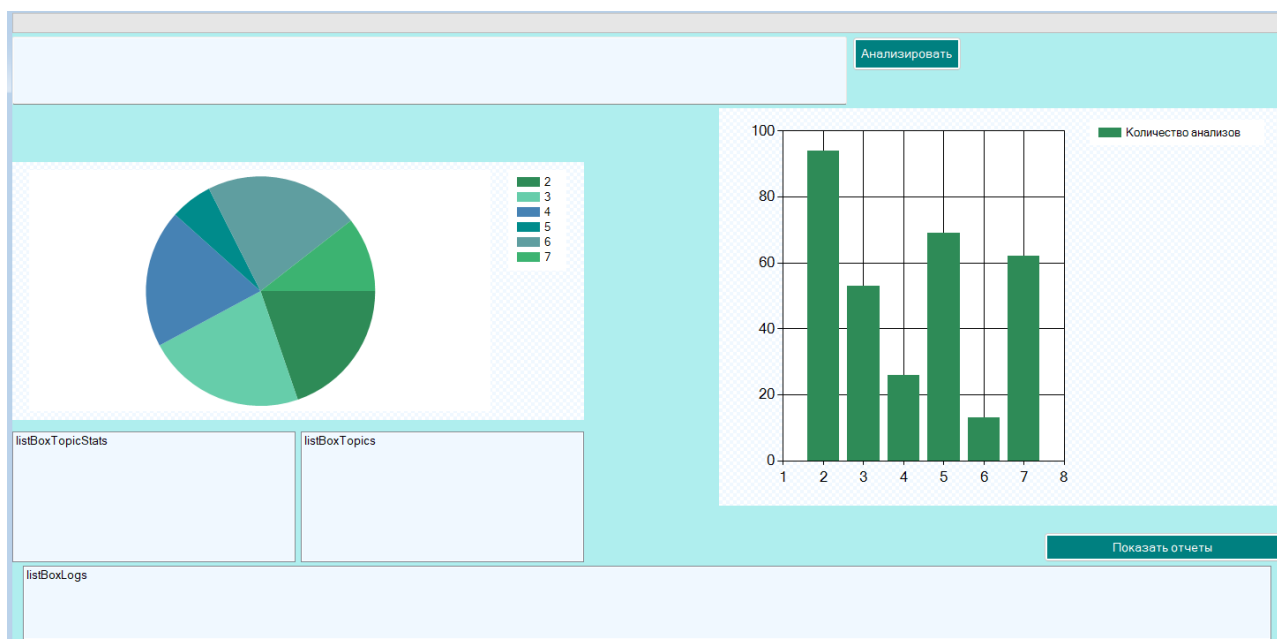


Рисунок 21 – Пользовательский интерфейс страницы анализа

Интерфейс страницы отчетов позволяет выводить сводку данных, а так же возможность экспортировать их на свое устройство.

Интерфейс страницы отчетов состоит из следующих элементов:

- круговая диаграмма сводки отзывов, разделенная по тональности;
- логи интеграции с CRM;
- окно статистики по темам;
- кнопка «Экспорт».

Пользовательский интерфейс страницы отчетов представлен на рисунках 22–24.

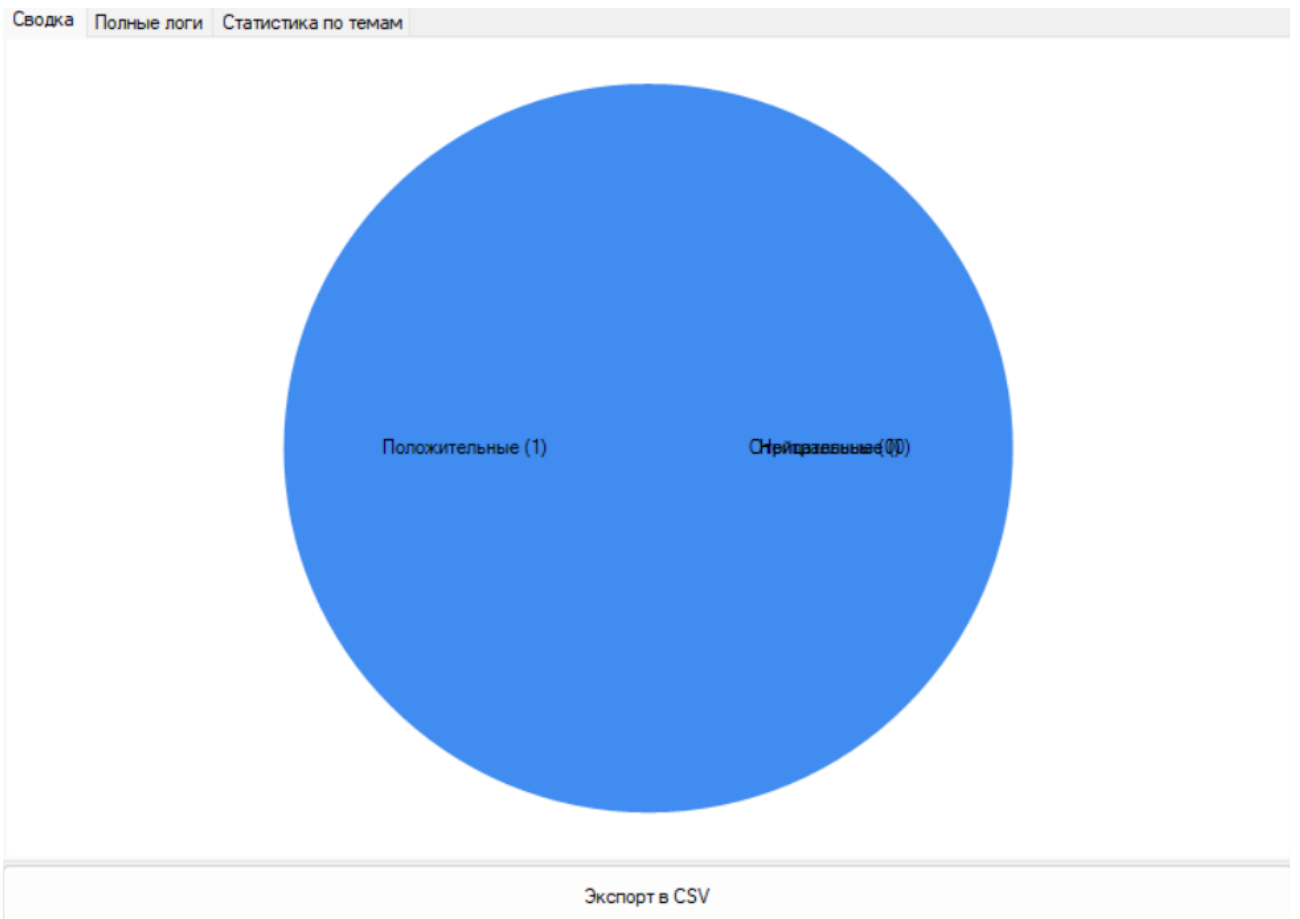


Рисунок 22 – Пользовательский интерфейс страницы отзывов (окно диаграммы)

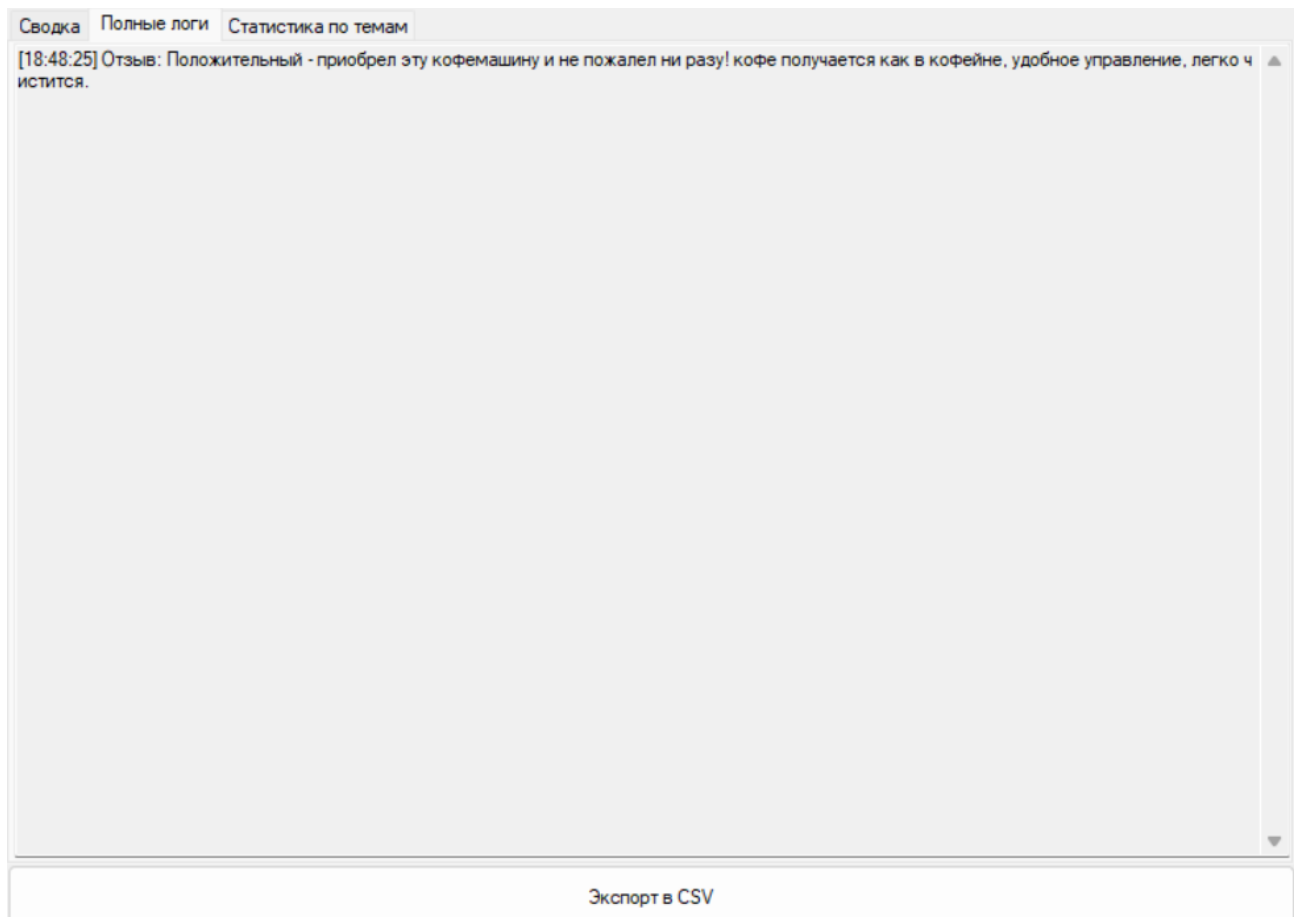


Рисунок 23 – Пользовательский интерфейс страницы отзывов (окно логов)

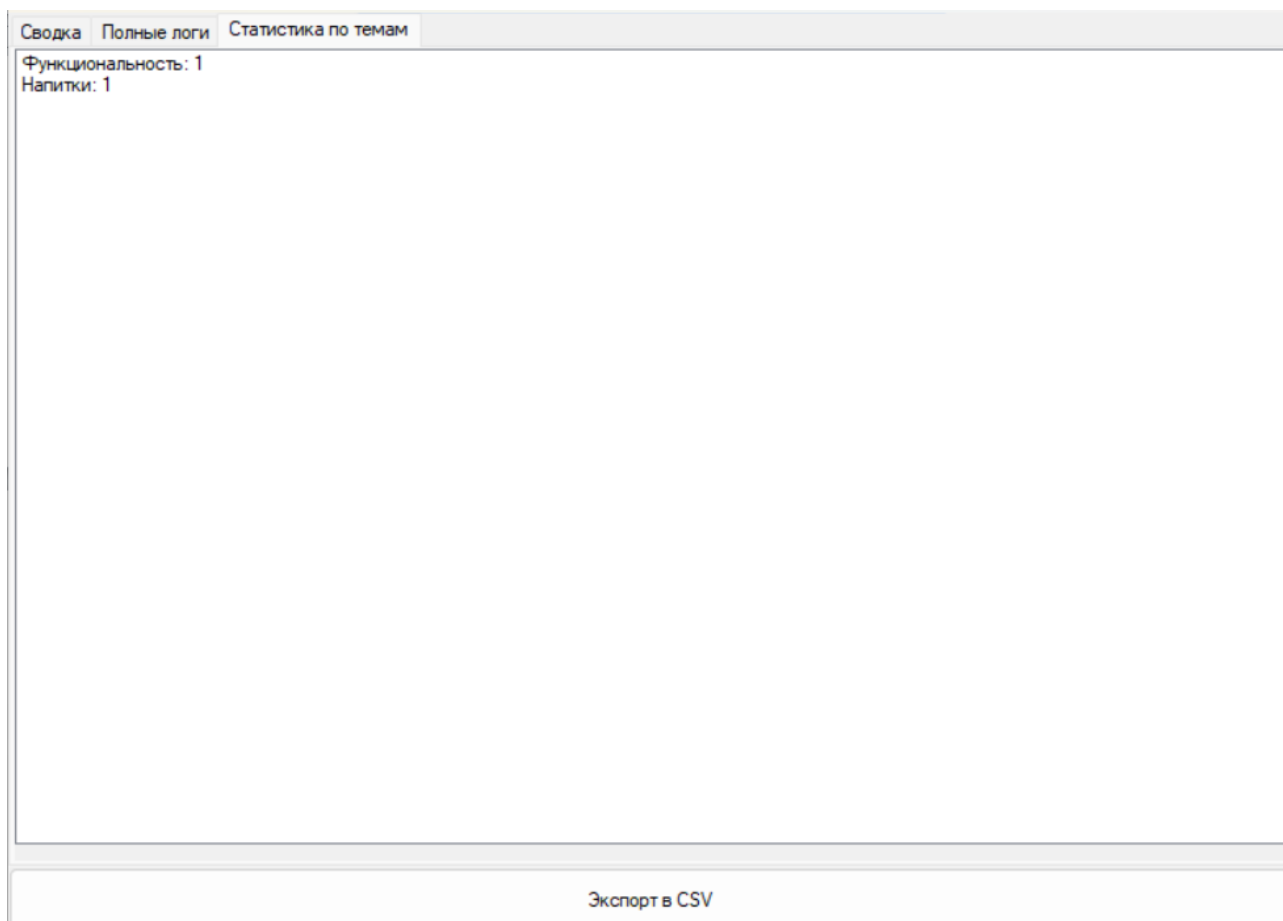


Рисунок 24 – Пользовательский интерфейс страницы отзывов (окно статистики по темам)

Теперь опишем работу приложения. Пользователь вводит текстовый отзыв, к примеру "Не рекомендую". Затем пользователь нажимает кнопку "Анализировать". В этот момент:

- происходит процесс анализа;
- приложение анализирует текст отзыва.

Во время анализа приложение выполняет следующие действия:

- приводит текст к нижнему регистру для удобства сравнения;
- проверяет наличие положительных и отрицательных ключевых слов;
- если текст не содержит явных положительных или отрицательных слов, он классифицируется как нейтральный;
- если текст пустой или слишком короткий, он также классифицируется как нейтральный.

После успешного анализа отзыва составляется диаграмма со статистикой отзывов по тональностям, появляется окно с разделением по ключевым темам, появляется возможность составления отчетов по результатам анализа. После составления отчетов их можно экспортировать на устройство. Данная функция представлена на рисунке 25.

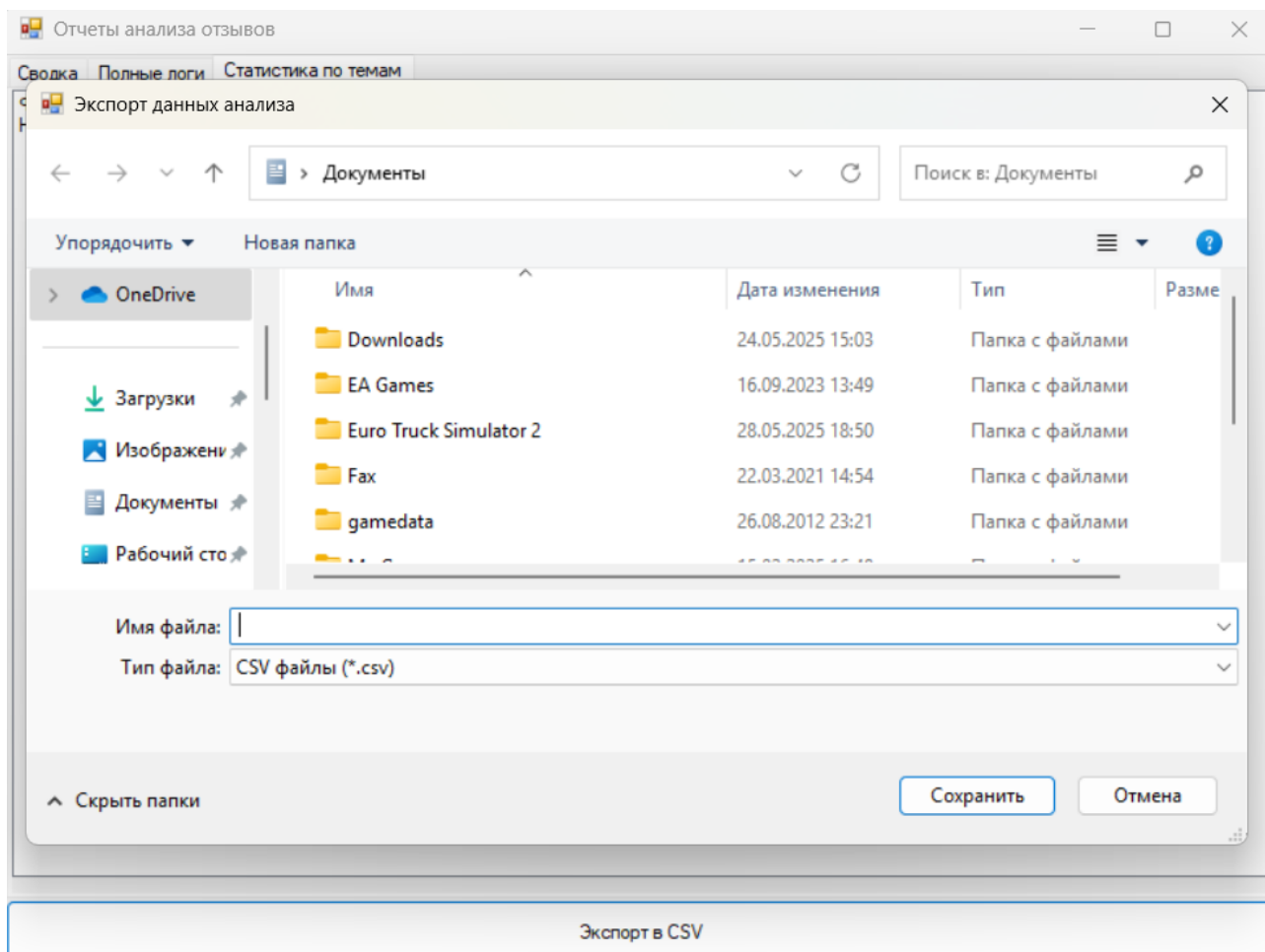


Рисунок 25 – Экспорт отчетов в хранилище устройства

После успешной реализации заданных функций приложения переходим к функциональному тестированию.

3.3 Тестирование приложения

После того как был реализован весь заданный функционал, необходимо протестировать работу [2] приложения. Запустим приложение на реальном устройстве и протестируем весь его функционал. В первую очередь на главном экране должно отобразиться стартовое окно. Работа главного экрана отображена на рисунке 26.

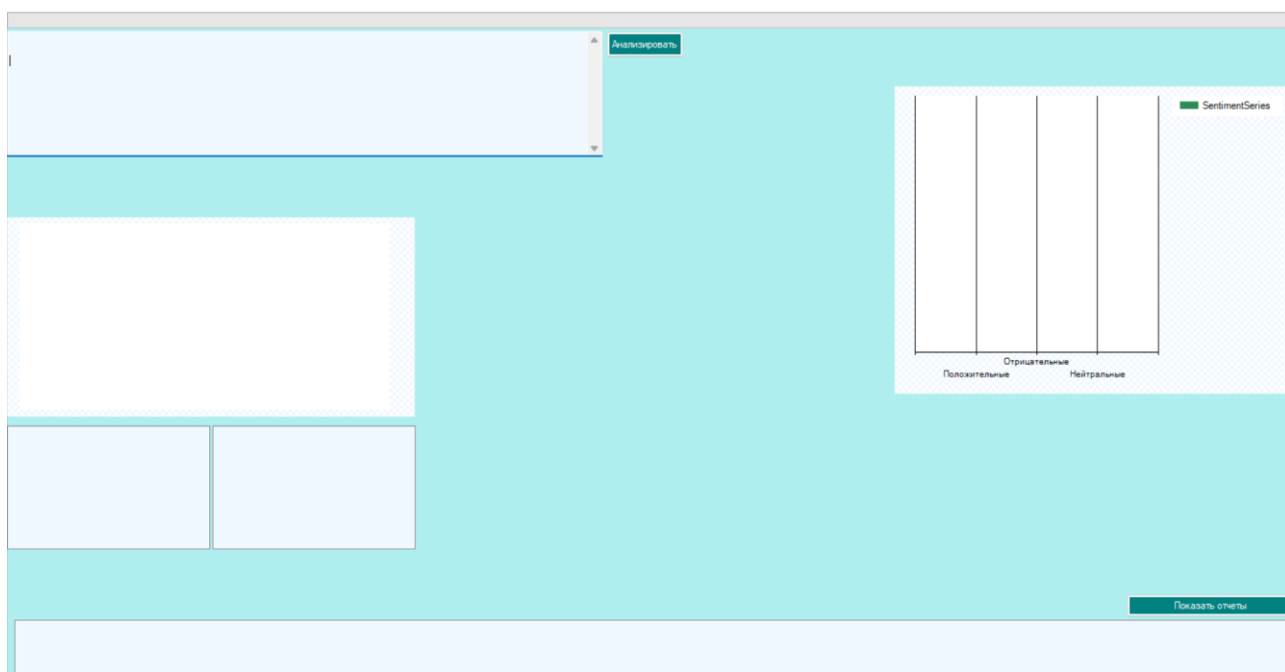


Рисунок 26 – Стартовое окно приложения

Работа приложения была протестирована с помощью отзывов взятых с популярных маркет-плейсов, трех разных тональностей: «Положительный», «отрицательный», «нейтральный». Результаты анализа представлены на рисунках 27–29.

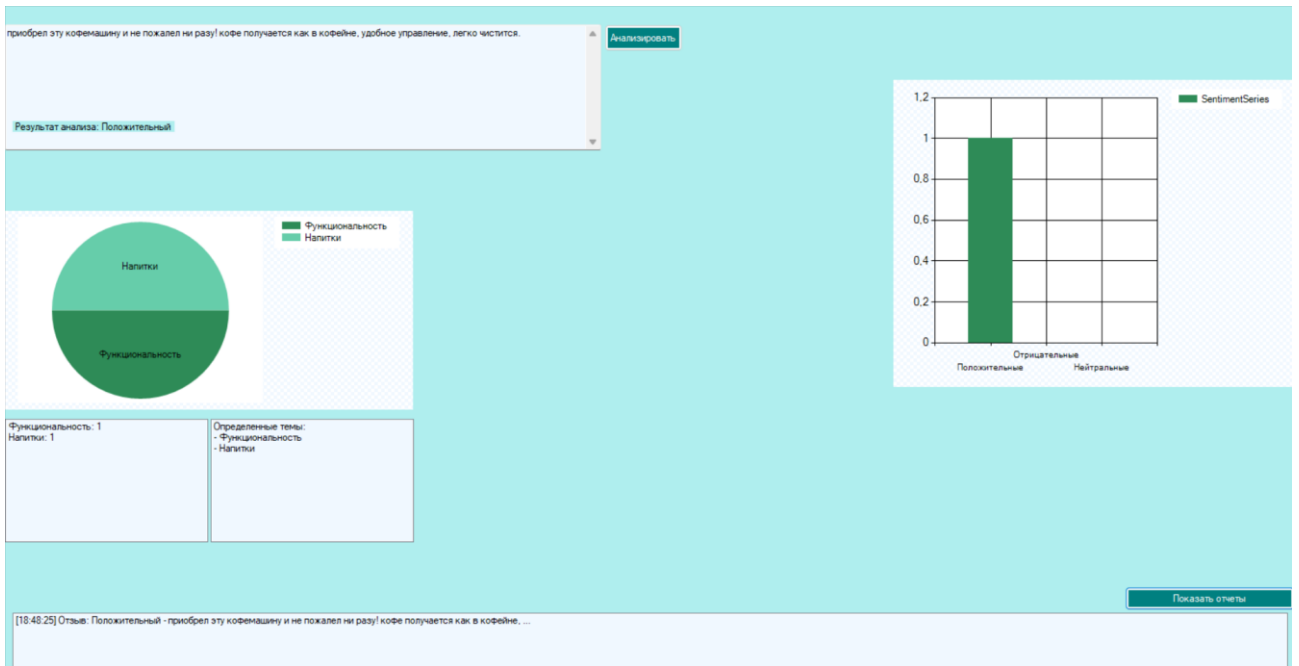


Рисунок 27 – Пример «Положительного» отзыва

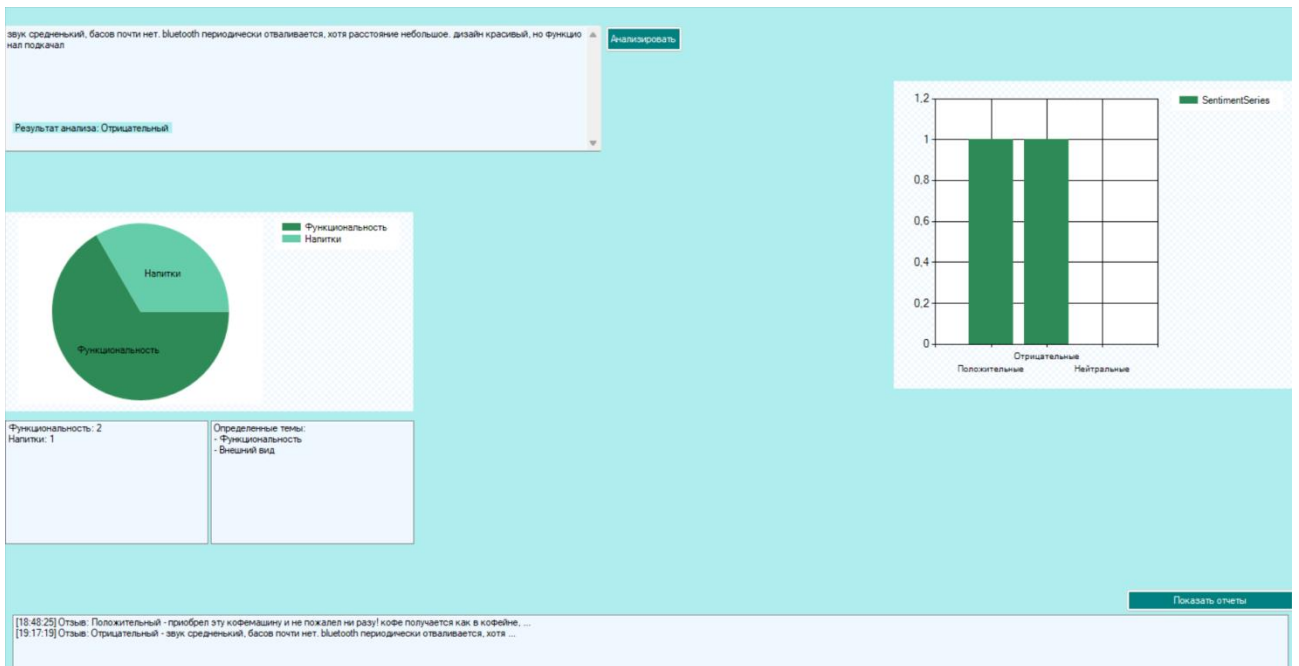


Рисунок 28 – Пример «Отрицательного» отзыва

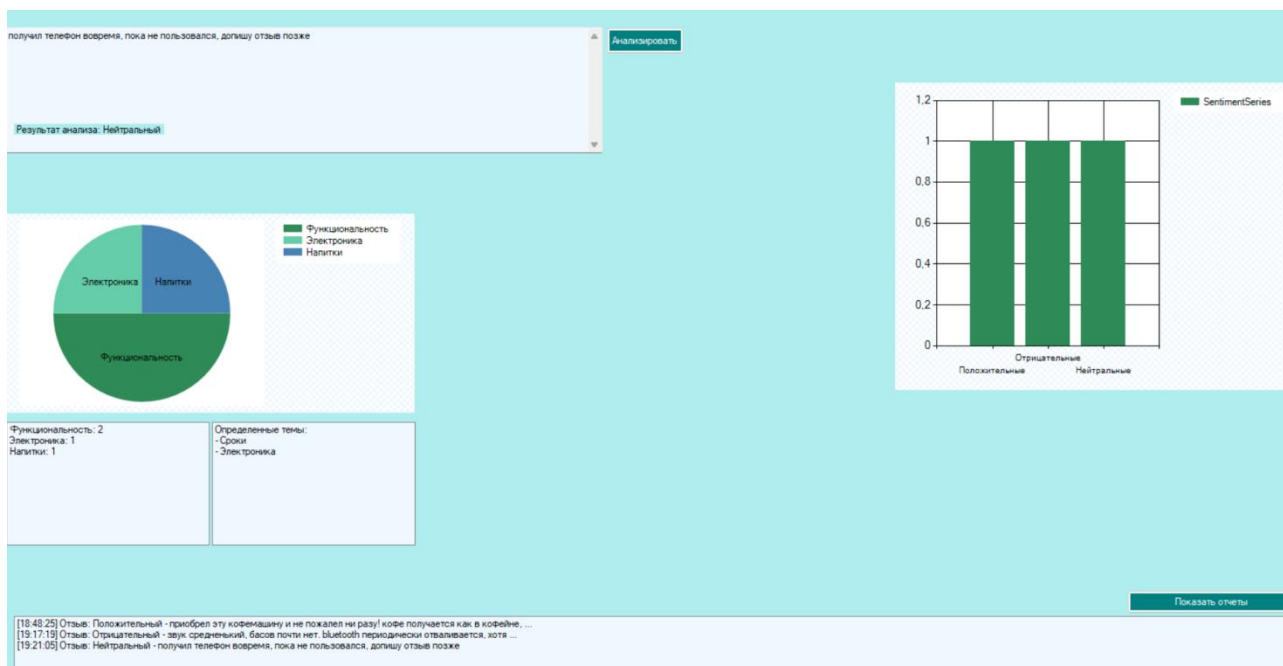


Рисунок 29 – Пример «Нейтрального» отзыва

По итогу, страница анализа отзывов работает корректно и выполняет свои функции.

После серии анализов, страница отчетов должна сохранить все обработанные отзывы и на основе этих данных должны быть составлены отчеты. Успешный вывод отчетов представлен на рисунках 30 – 32.

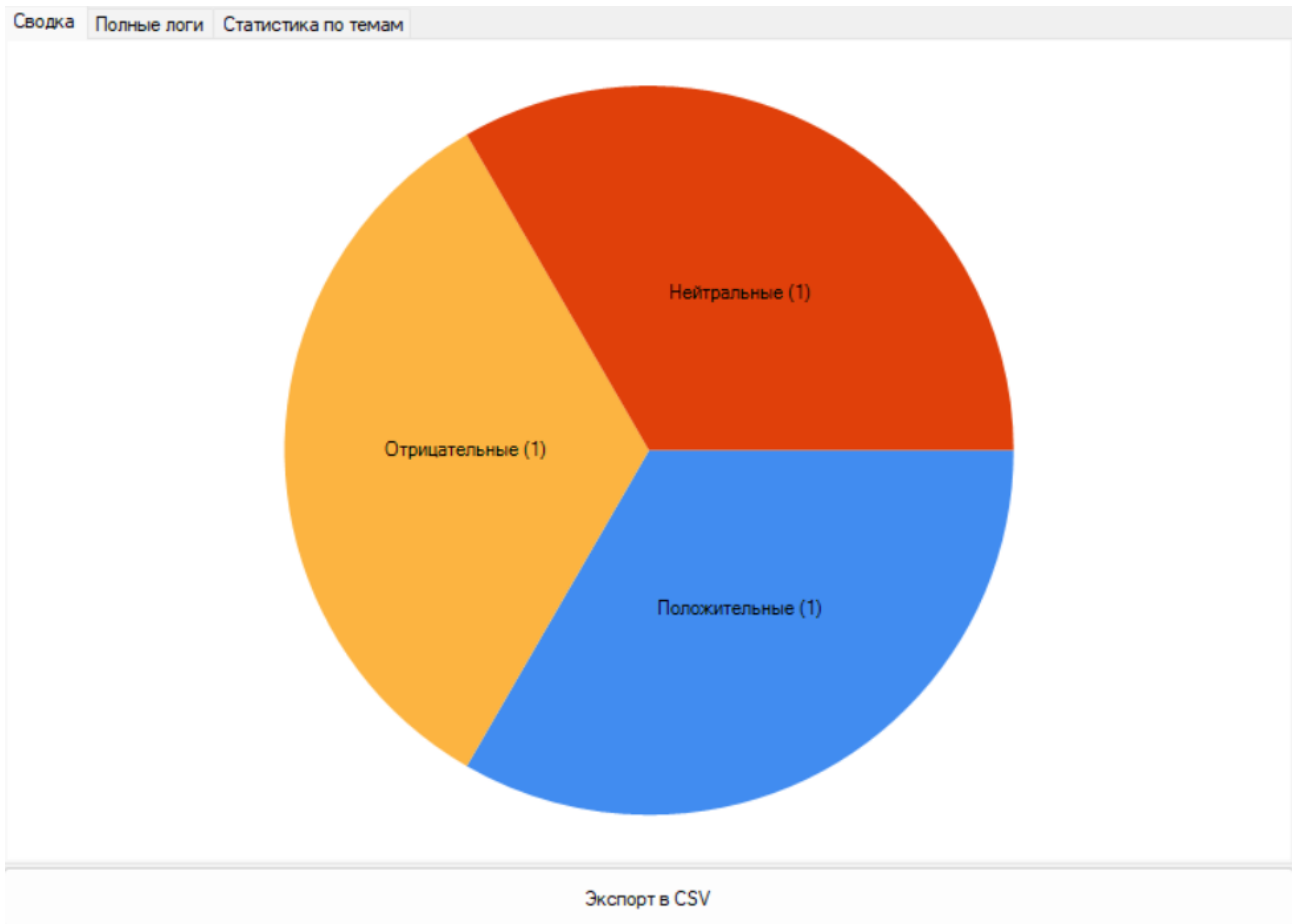


Рисунок 30 – Пример круговой диаграммы сводки тональностей

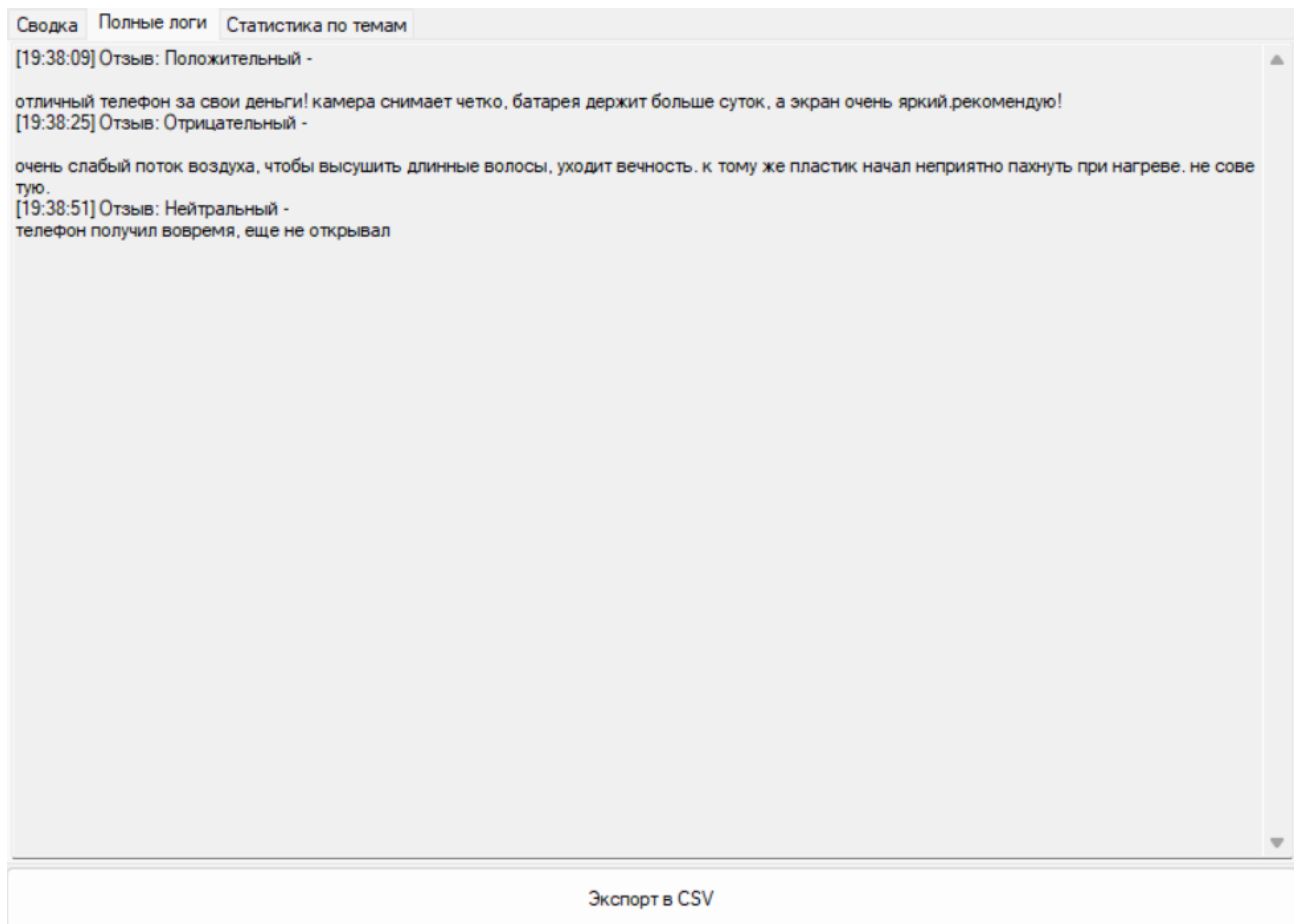


Рисунок 31– Пример отчета логов

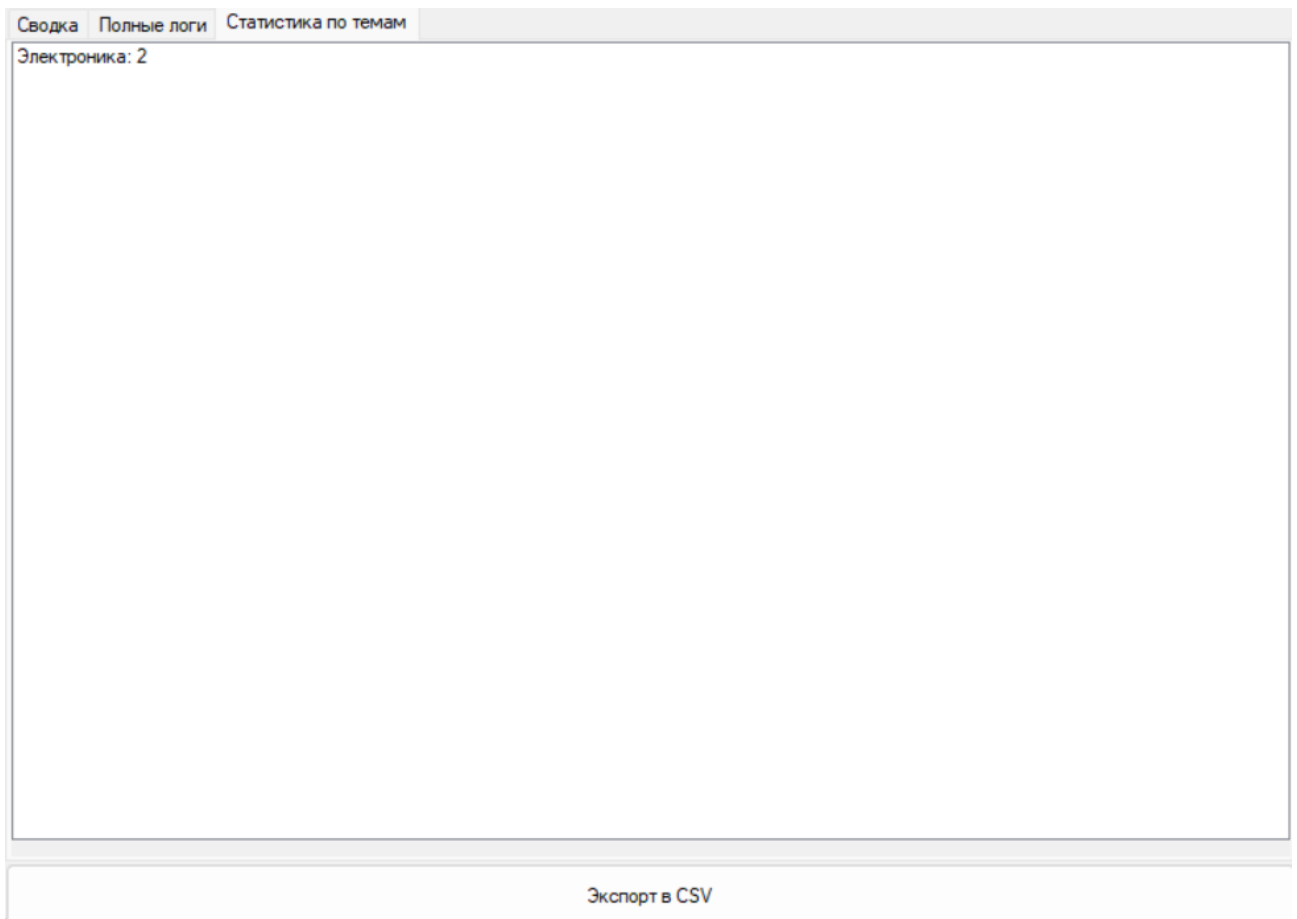


Рисунок 32 – Пример отчета статистики по темам

После успешного составления отчетов, должна появиться возможность экспорта данных на устройство. Корректная работоспособность этой функции представлена на рисунке 33.

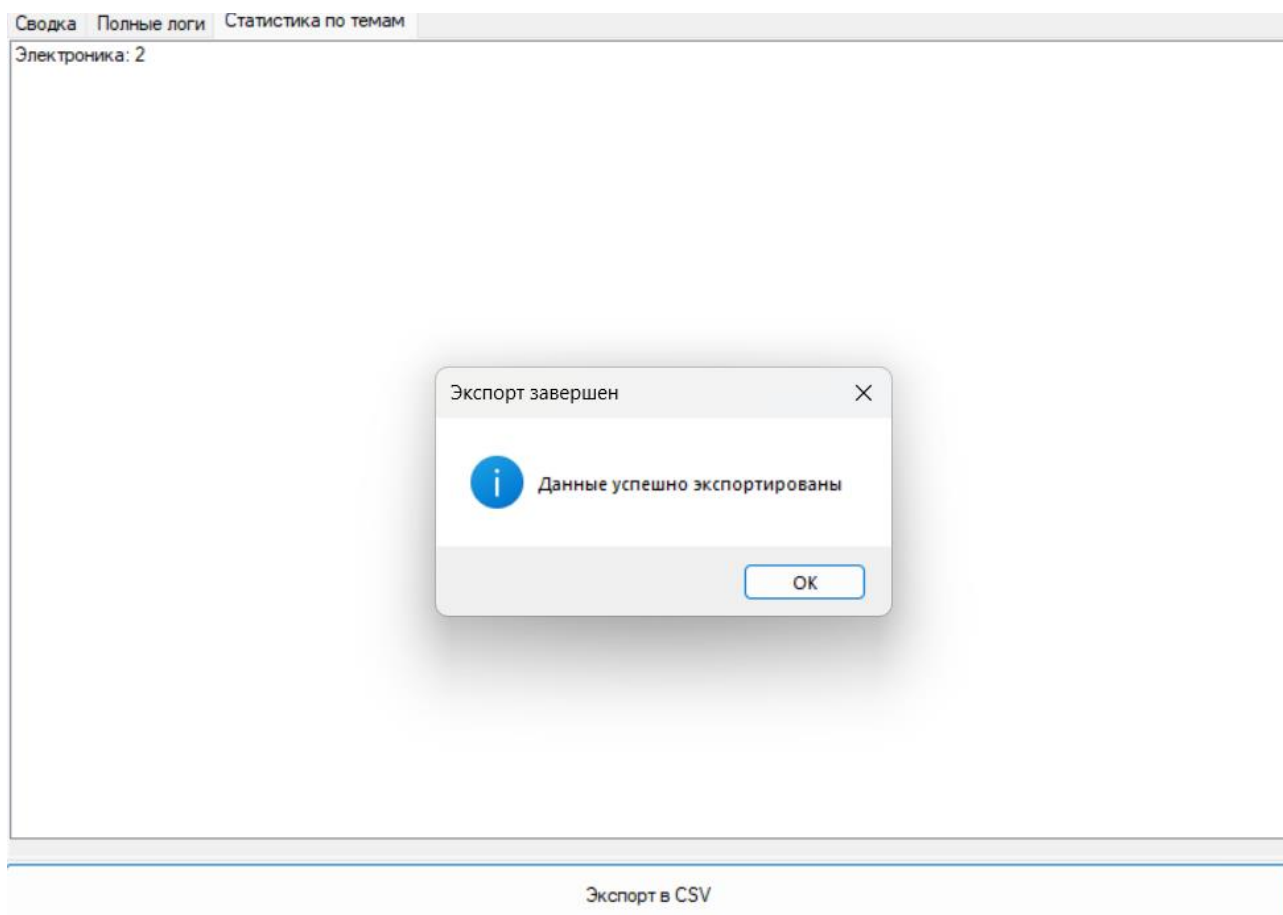


Рисунок 33 – Пример успешного экспорта данных

В рамках завершающего этапа разработки было выполнено тестирование работоспособности приложения. Экспериментальная проверка подтвердила стабильную работу всех функций приложения, включая анализ текстовых отзывов, составление отчетов и экспорт данных. Пользовательский интерфейс продемонстрировал корректное отображение и удобство. Результаты тестирования подтверждают работоспособность всех заявленных функций. Результаты функционального тестирования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты тестирования

Действие	Ожидаемый результат	Действительный результат
Анализ текстовых отзывов	<ul style="list-style-type: none"> – определение тональности; – отображение диаграммы количества отзывов по тональностям; – составление списка ключевых тем; – сохранение в журнале операций. 	Соответствует
Составление отчетов	<ul style="list-style-type: none"> – составление круговой диаграммы тональностей; – составление отчета операций; – составление отчетов по ключевым темам. 	Соответствует
Экспорт данных	<ul style="list-style-type: none"> – сохранение данных на устройство. 	Соответствует

Выводы по третьей главе:

В результате работы, проведенной в третьей главе было разработано приложение включающее в себя: функции анализа текста, пользовательский интерфейс для ввода отзывов и визуализации результатов, а также обеспечена интеграция с CRM-системой. Тестирование подтвердило работоспособность функций модуля, таких как корректное определение тональности отзывов, генерация отчетов и экспорт данных.

Заключение

Разработанный нейросетевой модуль анализа мнений клиентов CRM-системы успешно решает поставленные задачи: автоматизирует обработку отзывов, классифицирует их по ключевым темам и эмоциональной окраске, а также интегрируется с CRM-системой для обновления данных. Внедрение модуля позволило перейти от трудоёмкого ручного анализа к автоматизированному процессу, что значительно повысило скорость и точность обработки информации.

Актуальность работы подтверждена анализом предметной области, который позволил выявить ключевые проблемы существующего подхода: низкую скорость обработки, высокую вероятность ошибок из-за человеческого фактора и отсутствие систематизированного хранения данных. Проектирование модуля с использованием UML-диаграмм (развёртывания, вариантов использования, последовательности и классов) и ERD-модели обеспечило чёткое понимание архитектуры системы, взаимодействия её компонентов и процессов обработки данных. Это позволило создать логичную и масштабируемую структуру, готовую к интеграции с различными CRM-платформами.

Реализация модуля на языке C++ с применением современных инструментов, таких как LibTorch для машинного обучения и PostgreSQL для хранения данных, обеспечила надёжность решения. Модуль способен обрабатывать большие объёмы текстовых данных в реальном времени, что особенно важно для компаний с высокой нагрузкой на CRM-системы.

Основные результаты работы:

- повышение скорости анализа отзывов – автоматизация сократила время обработки данных с нескольких часов до нескольких секунд;
- улучшение точности классификации – использование нейросетевых алгоритмов позволило минимизировать субъективность и ошибки, характерные для ручного анализа;

- улучшение качества обратной связи с клиентами – система оперативно выявляет проблемные аспекты и положительные отзывы, что помогает компаниям быстрее реагировать на потребности клиентов;
- снижение трудозатрат – автоматизация рутинных процессов освободила сотрудников от монотонной работы, позволив им сосредоточиться на стратегических задачах;
- гибкость и масштабируемость – модуль легко адаптируется под различные бизнес-задачи и может быть расширен за счёт дополнительных функций, таких как мультиязычная поддержка или углублённый анализ контекста отзывов.

Таким образом, модуль демонстрирует высокую эффективность и готов к внедрению в CRM-системы для оптимизации работы с клиентскими отзывами. Его применение не только повышает удовлетворённость клиентов, но и способствует принятию более обоснованных управленческих решений на основе данных. В перспективе модуль может быть дополнен функциями прогнозирования трендов и интеграции с другими аналитическими инструментами, что откроет новые возможности для бизнеса.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Кочуров, А. И. Введение в теорию информационных систем: учебное пособие. М.: Юрайт, 2018.
2. Куликов С. С., Данилова Г. В., Смолякова О. Г., Меженная М. М. Тестирование программного обеспечения - 2019
3. Лешек А. Мацяшек. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0 / Лешек А. Мацяшек. – М.: Вильямс, 2016. .
4. Официальная документация Matplotlib: [Электронный ресурс] – URL: <https://matplotlib.org/stable/contents.html>
5. Требования к системе: классификации FURPS+ / [Электронный ресурс] – URL: <https://sysana.wordpress.com/2010/09/16/furps/>
6. Федоров Н.В. Проектирование информационных систем на основе современных CASE-технологий. – М.: МГИУ, 2008
7. Цуканова О.А. Методология И Инструментарий Моделирования Бизнес-Процессов Учебное пособие Университет ИТМО – 2015
8. Официальная документация CMake: [Электронный ресурс] – URL: <https://cmake.org/documentation/>
9. Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., Toutanova, K. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. – arXiv:1810.04805, 2018.
10. Docker Documentation. [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.docker.com/>(<https://docs.docker.com/>)
11. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.
12. Jurafsky, D., Martin, J.H. Speech and Language Processing (3rd Edition). – Pearson, 2020.
13. libpqxx Documentation. [Электронный ресурс] – URL: <https://libpqxx.readthedocs.io/en/latest/>(<https://libpqxx.readthedocs.io>

/en/latest/)

14. Lippman, S.B., Lajoie, J., Moo, B.E. *C++ Primer (5th Edition)*. – Addison-Wesley Professional, 2012.
15. Liu, Y., et al. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach. – arXiv:1907.11692, 2019.
16. PostgreSQL Documentation. [Электронный ресурс] – URL: https://www.postgresql.org/docs/
17. PyTorch C++ API (LibTorch) Documentation. [Электронный ресурс]–URL: https://pytorch.org/cppdocs/
18. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th Edition). – Pearson, 2020.
19. Stevens, E., Antiga, L., Viehmann, T. Deep Learning with PyTorch. – Manning Publications, 2020. [Электронный ресурс] – URL: https://pytorch.org/assets/deep-learning/Deep-Learning-with-PyTorch.pdf
20. Vaswani, A., et al. Attention Is All You Need. – arXiv:1706.03762, 2017.