

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем
Направление подготовки 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника
Направленность (профиль) образовательной программы Информатика и вычислительная техника

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ А.В. Бушманов
« ____ » _____ 2025 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка системы прогнозирования смертности для ГБУЗ АО
«АМИАЦ»

Исполнитель
студент группы 1103-об

(подпись, дата)

А.Д. Самарин

Руководитель
доцент, канд.техн.наук

(подпись, дата)

О.В. Жилиндина

Консультант
по безопасности и
экологичности
доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль
Инженер кафедры

(подпись, дата)

В.Н. Адаменко

Благовещенск 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Институт компьютерных и инженерных наук
Кафедра информационных и управляющих систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

_____ А.В. Бушманов

« _____ » _____ 2025 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Самарина А.Д.

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка системы прогнозирования смертности для ГБУЗ АО «АМИАЦ»

(утверждено приказом от 14.04.2025 № 980-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта): 10.06.2025 г.

3. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): анализ учреждения ГБУЗ АО «АМИАЦ», анализ объекта исследования, проектирование информационно-аналитической системы, разработка программного продукта, безопасность и экологичность

4. Перечень материалов приложения: организационная структура и схемы документооборота, техническое задание

5. Консультанты по выпускной квалификационной работе: консультант по безопасности и экологичности: доцент, канд. техн. наук А.Б. Булгаков

6. Дата выдачи задания: 10.10.2024 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: _____
доцент, канд.техн.наук О.В. Жилиндина

(фамилия, имя, отчество, должность, уч.степень, уч.звание)

Задание принял к исполнению (10.10.2024): _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 82 с., 33 рисунка, 17 таблиц, 2 приложения, 33 источника.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СМЕРТНОСТИ, ГБУЗ АО «АМИАЦ», ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, РЕГИОНАЛЬНОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ, МЕДИЦИНСКАЯ СТАТИСТИКА

В бакалаврской работе представлена разработка информационно-аналитической системы прогнозирования смертности для ГБУЗ АО «АМИАЦ».

Цель работы – создание программного продукта, способного осуществлять предоставление вероятных прогнозов динамики показателей смертности на ограниченный временной промежуток. Принцип действия системы заключается в обработке исторических данных, выявлении в них закономерностей посредством методов машинного обучения и последующем построении прогнозов.

Основу методологии разработки составляют принципы структурированной обработки и подготовки данных, применение алгоритмов машинного обучения для выявления прогностических закономерностей, а также подход к созданию интуитивно понятного пользовательского интерфейса, ориентированного на задачи конечных пользователей.

Результатом работы является информационно-аналитическая система прогнозирования смертности для ГБУЗ АО «АМИАЦ».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Анализ предметной области	10
1.1 Цели и задачи учреждения	10
1.2 Организационная структура учреждения	11
1.3 Анализ документооборота учреждения	13
1.4 Анализ программного и аппаратного обеспечения учреждения	15
1.5 Анализ объекта исследования	17
1.6 Анализ существующих решений	19
1.7 Обоснование необходимости разработки	21
2 Проектирование информационно-аналитической системы	23
2.1 Выбор модели жизненного цикла	23
2.2 Архитектура информационно-аналитической системы	26
2.2.1 Описание функциональных подсистем	26
2.2.2 Обеспечивающие компоненты и среда функционирования	29
2.3 Проектирование базы данных	31
2.3.1 Инфологическое проектирование	31
2.3.2 Логическое проектирование	36
2.3.3 Физическое проектирование	42
2.4 Выбор средств разработки	44
3 Разработка программного продукта	47
3.1 Структура программного продукта	47
3.2 Реализация алгоритмов прогнозирования	49
3.2.1 Подготовка данных для моделей	49
3.2.2 Масштабирование данных	51
3.2.3 Описание реализованных моделей	52
3.3 Пользовательский интерфейс	54
4 Безопасность и экологичность	62
4.1 Безопасность	62

4.1.1 Безопасность рабочего места	62
4.1.2 Эргономика и безопасность интерфейса	65
4.1.3 Информационная безопасность и защита от ошибок	67
4.2 Экологичность	70
4.2.1 Минимизация прямого воздействия программного продукта	70
4.2.2 Снижение потребления расходных материалов	71
4.2.3 Обращение с отходами оборудования	72
4.3 Чрезвычайные ситуации	74
Заключение	77
Библиографические ссылки	78
Библиографический список	79
Приложение А Организационная структура и схемы документооборота	83
Приложение Б Техническое задание	86

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе были использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.111-2013 ЕСКД. Нормоконтроль;

ГОСТ 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования;

ГОСТ 19.101-77 Единая система программной документации (ЕСПД). Виды программ и программных документов;

ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения;

ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения;

ГОСТ 34.602-2020 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание (развитие) автоматизированной системы;

ГОСТ Р ИСО 14915-1-2016 Эргономика мультимедийных пользовательских интерфейсов. Часть 1. Принципы проектирования и структура.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ГБУЗ АО «АМИАЦ» – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Амурской области «Амурский медицинский информационно-аналитический центр»

МедСС – «Медицинское свидетельство о смерти»

ИАС – информационно-аналитическая система

ЖЦ – жизненный цикл

БД – база данных

СУБД – система управления базами данных

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир характеризуется постоянными демографическими изменениями. Такие показатели, как динамика численности населения, а также уровни рождаемости и смертности, являются не просто статистикой. На государственном уровне они определяют долгосрочные стратегии развития, экономическую политику и социальные программы. На региональном уровне эти данные становятся основой для конкретного планирования инфраструктуры, распределения ресурсов и формирования стратегии развития системы здравоохранения, что подчеркивает насущную важность точного анализа и прогнозирования демографических показателей.

В контексте решения этих задач, современный этап цифровой трансформации предлагает мощные инструменты. Активное внедрение цифровых технологий во все сферы деятельности, включая здравоохранение, и использование методов искусственного интеллекта для анализа больших объемов данных рассматриваются как одни из ключевых факторов повышения эффективности медицинских услуг. Данные технологии способствуют оптимизации процессов обработки информации, снижению вероятности человеческих ошибок и улучшению качества как диагностических, так и управленческих решений.

Особую значимость искусственный интеллект демонстрирует в задачах прогностического моделирования, что подтверждается его растущим применением в медицинской практике. Прогнозирование эпидемиологических рисков, оценка динамики заболеваемости и смертности населения позволяют формировать стратегии рационального распределения ресурсов и разработки профилактических мероприятий.

Актуальность внедрения систем прогнозирования в здравоохранение обусловлена необходимостью перехода к управлению, основанному на данных. Создание инструментов для анализа статистических показателей, таких как уровень смертности, обеспечивает основу для принятия обоснованных решений на региональном и федеральном уровнях. Это напрямую соответствует задачам

организаций деятельность, которых связана с систематизацией медицинской информации и повышением эффективности региональной системы здравоохранения.

Целью бакалаврской работы является разработка системы прогнозирования смертности для Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Амурской области «Амурский медицинский информационно-аналитический центр» (ГБУЗ АО «АМИАЦ»), предназначенной для анализа динамики демографических показателей и поддержки принятия управленческих решений в сфере регионального здравоохранения.

Для достижения поставленной цели в рамках данной работы были решены следующие основные задачи:

- проведен анализ предметной области и существующих решений;
- спроектирована архитектура информационно-аналитической системы (ИАС), определены ее основные компоненты и взаимосвязи;
- разработана структура базы данных (БД) для эффективного хранения и управления статистической информацией;
- осуществлен выбор и обоснование технологического стека, включая языки программирования, систему управления базами данных (СУБД), ключевые библиотеки и фреймворки;
- реализованы ключевые модули программного продукта, включая пользовательский интерфейс, подсистему обработки данных и алгоритмы прогнозирования;
- выполнен анализ аспектов безопасности жизнедеятельности и экологичности, связанных с эксплуатацией персональных электронно-вычислительных машин при работе с разработанной системой.

Разработанная система призвана способствовать достижению целей национального проекта «Продолжительная и активная жизнь». Этот проект, стартовавший в 2025 году, нацелен на повышение качества и доступности медицинской помощи, увеличение продолжительности жизни населения и применение современных технологий для совершенствования системы здравоохранения.

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Цели и задачи учреждения

ГБУЗ АО «АМИАЦ» является некоммерческой организацией. Оно было создано в соответствии с Гражданским Кодексом Российской Федерации, нормативными правовыми актами на основании приказа управления здравоохранения Администрации Амурской области от 19.04.1994 г. № 196-п, приказа министерства здравоохранения Амурской области от 10.08.2009 г. № 794 «О функционировании областного государственного учреждения здравоохранения «Амурский медицинский информационно-аналитический центр» [1].

Основной целью деятельности ГБУЗ АО «АМИАЦ» является формирование единой информационной системы здравоохранения Амурской области. Для достижения этой главной цели ГБУЗ АО «АМИАЦ» решает несколько ключевых задач. В частности, учреждение организует работу с современными компьютерными технологиями, налаживает процессы сбора, обработки, хранения и предоставления медицинской информации. Также обеспечивает возможность постоянно отслеживать и оценивать состояние здоровья жителей области, анализирует состояние материально-технической базы медицинских учреждений региона и оказывает информационную поддержку мероприятий, связанных с дополнительным лекарственным обеспечением граждан [2].

Помимо данных основных задач, деятельность медицинской информационно-аналитического центра охватывает и другие важные направления. Учреждение выступает центральным звеном в Амурской области по организации сбора, обработки и анализа разнообразной информации в сфере здравоохранения. Это включает не только медицинскую статистику и данные о здоровье населения, но и медико-демографические, финансовые и кадровые показатели отрасли.

Для выполнения своих функций ГБУЗ АО «АМИАЦ» занимается широким спектром работ. Сюда входит консультирование медицинских организаций по вопросам компьютерной техники и программ, обработка данных на разных этапах,

а также создание и использование БД и информационных ресурсов. Учреждение также может разрабатывать программное обеспечение и оказывать другие услуги в сфере информационных технологий, такие как системная интеграция или поддержка информационных систем. К сопутствующим видам деятельности относятся услуги связи и полиграфические работы.

ГБУЗ АО «АМИАЦ» является ключевым региональным информационно-аналитическим центром, выполняющим не только задачи по сбору и анализу медицинской статистики, но и обеспечивающим технологическую и информационную поддержку всей отрасли здравоохранения Амурской области. Именно эта центральная роль в работе с данными делает разработку системы прогнозирования смертности актуальной и востребованной задачей для учреждения.

1.2 Организационная структура учреждения

Организационная структура ГБУЗ АО «АМИАЦ» отражает основные направления его деятельности и построена для эффективного выполнения поставленных задач. Схема организационной структуры представлена в приложении А.

Во главе учреждения стоит руководитель, которому непосредственно подчиняются следующие основные функциональные подразделения:

- финансово-экономический отдел;
- отдел медицинской статистики, сбора, обработки и анализа медико-статистической информации;
- региональный центр организации первичной медико-санитарной помощи;
- отдел мониторинга показателей здоровья населения области;
- отдел программного и технического обеспечения;
- отдел компьютерной аттестации врачей;
- отдел технического обеспечения, программного сопровождения, и телемедицинских технологий;
- административно хозяйственный отдел.

Руководитель осуществляет общее управление деятельностью ГБУЗ АО «АМИАЦ». В его компетенцию входит утверждение структуры и штатного расписания, установление размеров должностных окладов и других выплат сотрудникам, подписание финансовых и иных документов от имени учреждения. Он организует кадровую работу, включая прием и увольнение сотрудников, контролирует деятельность подразделений, обеспечивает их эффективное взаимодействие и соблюдение законности в работе ГБУЗ АО «АМИАЦ». Руководитель также выполняет иные полномочия, соответствующие уставным целям учреждения и действующему федеральному и областному законодательству.

Финансово-экономический отдел отвечает за ведение бухгалтерского и налогового учета в учреждении. Сотрудники отдела производят расчет и начисление заработной платы, выполняют расчеты по налоговым и иным обязательным отчислениям, участвуют в финансовом планировании.

Ключевым звеном в работе с данными является отдел медицинской статистики, который централизованно собирает, обрабатывает и анализирует информацию из медорганизаций. Подготовленные им отчеты, в том числе, используются отделом мониторинга, специализирующимся на непрерывном отслеживании показателей здоровья населения.

Региональный центр организации первичной медико-санитарной помощи сосредоточен на вопросах совершенствования работы первичного звена здравоохранения в регионе, включая методическую поддержку и внедрение современных организационных подходов.

Отдел мониторинга показателей здоровья населения Амурской области специализируется на непрерывном сборе и обработке информации по ключевым демографическим и медицинским показателям. Отдел отслеживает динамику этих показателей, подготавливает регулярные аналитические отчеты и доклады для руководства и Министерства здравоохранения области.

Отдел программного и технического обеспечения обеспечивает стабильное функционирование внутренней компьютерной техники и программного

обеспечения самого учреждения, ведет необходимую техническую документацию и отчетность, а также занимается изготовлением электронных цифровых подписей.

Отдел компьютерной аттестации врачей проводит оценку уровня владения информационными технологиями у медицинских работников, что является одним из элементов аттестации для подтверждения или присвоения квалификационной категории.

Отдел технического обеспечения, программного сопровождения и телемедицинских технологий играет важную роль во внедрении информатизации в медицинских организациях области. Отдел предоставляет услуги по сопровождению программных продуктов, технической поддержке как для учреждений, так и для пациентов, способствует развитию телемедицинских сервисов.

Административно-хозяйственный отдел решает задачи кадрового делопроизводства, включая поиск и подбор персонала, подготовку установленной отчетности по трудовой деятельности сотрудников. Кроме того, отдел отвечает за общее хозяйственное обеспечение учреждения: снабжение, эксплуатацию помещений и поддержание материально-технической базы.

1.3 Анализ документооборота учреждения

Эффективная работа ГБУЗ АО «АМИАЦ» невозможна без четко организованных потоков документов, обеспечивающих как взаимодействие с внешним миром, так и координацию внутри учреждения. Анализ документооборота позволяет понять ключевые информационные потоки и связи, имеющие отношение к сбору и обработке статистических данных.

Внешний документооборот охватывает все входящие и исходящие документы, связывающие учреждение с другими организациями, органами власти и гражданами. Контекстная диаграмма внешнего документооборота, построенная с использованием нотации DFD, представлена в приложении А. Она иллюстрирует, как ГБУЗ АО «АМИАЦ» взаимодействует с ключевыми внешними сущностями. К таким сущностям, относятся:

- органы государственной власти и фонды: Министерство здравоохранения Амурской области, Правительство Амурской области, Управление ЗАГС Амурской области, УФНС России по Амурской области, Социальный фонд России по Амурской области.

- медицинские и связанные организации: Медицинские организации области, Аптечные организации.

- финансовые учреждения: ПАО Сбербанк.

- дополнительные контрагенты: Граждане, Разработчики программного обеспечения, Служба технической поддержки.

Информационное взаимодействие с этими сущностями включает широкий спектр документов и данных. Например, ГБУЗ АО «АМИАЦ» направляет налоговую и пенсионную отчетность в УФНС и Социальный фонд, получает от Министерства здравоохранения АО и Правительства АО нормативные документы, приказы, распоряжения. Осуществляется обмен данными с медицинскими организациями, получение информации из ЗАГС. Также ведется работа с обращениями граждан, взаимодействие с банком по расчетно-кассовому обслуживанию, с разработчиками ПО и службами технической поддержки по вопросам информационных систем.

Внутренний документооборот обеспечивает циркуляцию информации и документов непосредственно внутри ГБУЗ АО «АМИАЦ», между руководителем и структурными подразделениями. Диаграмма декомпозиции, отражающая внутренние потоки документов, представлена в приложении А.

Основные потоки внутренних документов включают:

- управленческие документы: распоряжения и приказы руководителя, направляемые в отделы для исполнения;

- финансово-учетные документы: расчетные листы, заявки, служебные записки, передаваемые между финансово-экономическим отделом, административно-хозяйственным отделом и другими подразделениями;

- статистические и аналитические данные: отчеты и сводки, формируемые отделом медицинской статистики и отделом мониторинга, передаваемые руководителю или между отделами;
- техническая документация и запросы: запросы на исправление ошибок, заявки на техническое обслуживание, письма, циркулирующие между функциональными отделами и отделами, отвечающими за IT-поддержку;
- кадровые документы: документы, связанные с трудовой деятельностью, обрабатываемые административно-хозяйственным отделом.

1.4 Анализ программного и аппаратного обеспечения учреждения

Информационно-технологическая среда ГБУЗ АО «АМИАЦ», включающая как аппаратную инфраструктуру, так и комплекс программных систем, является фундаментальным компонентом, обеспечивающим не только поддержку, но и реализацию его основных аналитических, статистических и управленческих функций в региональной системе здравоохранения.

Рабочие места сотрудников учреждения оснащены современными моноблоками. Такой тип персональных компьютеров был выбран благодаря оптимальному сочетанию достаточной производительности для решения рабочих задач и компактности, что позволяет более эффективно использовать пространство кабинетов по сравнению с традиционными системными блоками. Каждое рабочее место дополнительно укомплектовано необходимыми периферийными устройствами, включая многофункциональные устройства для печати, сканирования и копирования, а также источниками бесперебойного питания для защиты оборудования от сбоев в электросети. Все рабочие станции имеют постоянный доступ к сети интернет.

На рабочих станциях сотрудников используется следующее программное обеспечение:

- операционная система: на большинстве моноблоков установлена операционная система Windows 10 или Windows 11;
- офисный пакет: для работы с документами, таблицами и презентациями используется пакет Microsoft Office 2019;

- веб-браузер: доступ в Интернет осуществляется преимущественно через браузер Google Chrome;
- антивирусная защита: для обеспечения безопасности используются корпоративные решения от Dr.Web, а также антивирусное программное обеспечение «Лаборатории Касперского».

Наряду с базовым программным обеспечением, в работе ГБУЗ АО «АМИАЦ» применяются специализированные программы и информационные системы. Они необходимы для выполнения основных задач центра и составляют основу работы с информацией. Можно выделить несколько групп таких систем по их назначению.

Важной частью работы являются системы для сбора и анализа медицинских данных. Например, платформа «Медведь» используется для обмена данными между разными медицинскими системами в регионе и для передачи информации на федеральный уровень. Также имеется региональная система ТМ:ЦОД, куда стекаются различные данные – от рецептов до свидетельств о смерти и электронных медкарт; эта система собирает их для дальнейшего использования и составления отчетов.

Для работы непосредственно с медицинской статистикой имеются программы, которыми пользуются соответствующие отделы. Это «Парус» – ее применяют, чтобы собрать сводные отчеты от больниц и поликлиник области. Программа «МедСтат» нужна для обработки годовых статистических форм. А программа «Медицинское свидетельство о смерти» (МедСС) помогает автоматизировать заполнение свидетельств и вести статистику по причинам смертности.

Для управления некоторыми процессами и документами тоже есть свои инструменты. Подсистема «Управление потоками пациентов» используется для организации работы колл-центров, работы с расписанием приема врачей и связи с другими медицинскими системами. Также в учреждение внедрена система СЭД «Дело» для электронного документооборота.

В части информационной безопасности, для работы с электронными подписями и шифрованием в учреждении используется «КриптоПро CSP» и

«Crypto+ DE». Кроме этого, для задач удаленного доступа к компьютерам, например, для технической поддержки, применяется программа «Ассистент».

1.5 Анализ объекта исследования

Объектом исследования в данной работе выступает прогнозирование смертности населения Амурской области. Этот процесс представляет собой оценку будущих уровней и тенденций смертности, основанную на анализе исторических данных и выявлении устойчивых закономерностей. Для ГБУЗ АО «АМИАЦ», как для организации, занимающейся сбором и анализом медицинской статистики, прогнозирование смертности является важной составляющей аналитической деятельности.

Получение достоверных прогнозов в сфере здравоохранения имеет первостепенное значение для эффективного управления отраслью. Они служат информационной основой для стратегического планирования, помогая определять долгосрочные потребности населения в медицинских услугах, планировать развитие инфраструктуры и кадрового обеспечения. Прогностические данные также необходимы для рационального распределения ресурсов, включая обоснование объемов финансирования и распределение средств между различными лечебными и профилактическими направлениями [3].

Особую актуальность в этом контексте приобретает прогнозирование смертности населения. Точные прогнозы динамики смертности и ее структуры по причинам и группам населения являются критически важным инструментом для:

- разработки и оценки целевых программ общественного здоровья, направленных на снижение преждевременной смертности и увеличение продолжительности жизни;
- оценки эффективности уже реализуемых профилактических и лечебных мероприятий, позволяя своевременно корректировать стратегии;
- выявления приоритетных направлений для инвестиций в здравоохранение, концентрируя усилия на тех проблемах, которые вносят наибольший вклад в показатели смертности;

– формирования более точных общих демографических прогнозов, которые, в свою очередь, напрямую влияют на социально-экономическое планирование развития региона, включая расчеты трудовых ресурсов, пенсионной нагрузки и потребностей в социальных услугах.

Методология прогнозирования смертности весьма разнообразна, включая как относительно простые, так и более сложные подходы. Одним из базовых методов является экстраполяция, которая предполагает, что тенденции, наблюдавшиеся в прошлом, будут продолжаться и в будущем. Этот метод анализирует исторические временные ряды и математически продлевает выявленные тренды. Более детализированный анализ возможен при прогнозировании на основе причин смерти, когда динамика смертности от различных классов причин моделируется отдельно с последующей агрегацией результатов.

Наряду с этим, существуют структурные или каузальные подходы, стремящиеся объяснить и спрогнозировать смертность через ее взаимосвязь с широким спектром внешних факторов – социально-экономических, поведенческих или специфических параметров системы здравоохранения. Активно применяются и методы статистического моделирования временных рядов, которые используют различные математические модели для выявления и прогнозирования статистических закономерностей непосредственно в рядах данных о смертности. Эти подходы часто требуют более глубокого анализа данных и выбора адекватной модели.

Однако процесс прогнозирования смертности сопряжен со значительными сложностями. Качество и сопоставимость исторических данных могут быть ограничены, а изменения в системах учета или классификациях затрудняют анализ долгосрочных трендов. Смертность сама по себе является сложным явлением, зависящим от множества взаимосвязанных и не всегда предсказуемых факторов. Выбор наиболее адекватной модели прогнозирования также представляет собой непростую задачу. Кроме того, непредвиденные события, такие как пандемии или социальные кризисы, могут кардинально изменять установившиеся тенденции, что создает дополнительные трудности для точного прогнозирования.

На текущий момент, подобно многим медицинским информационно-аналитическим центрам, оценка будущих тенденций в ГБУЗ АО «АМИАЦ» зачастую опирается на стандартные подходы к анализу временных рядов. Как правило, это включает изучение динамики показателей за прошлые периоды с использованием общедоступных инструментов, таких как табличные процессоры Microsoft Excel, для визуализации данных и построения простых трендовых линий.

Эти стандартные методы и инструменты, хотя и являются доступными и привычными для многих аналитиков, имеют существенные ограничения при работе со сложными статистическими данными о смертности. Ручной или полуавтоматический анализ в табличных процессорах затрудняет выявление нелинейных зависимостей, сложных сезонных и циклических компонент, которые часто присутствуют в демографических временных рядах. Кроме того, применение даже базовых статистических моделей и сравнение их прогнозов в среде табличных процессоров является трудоемким процессом. Отсутствие удобных инструментов для применения более сложных алгоритмов ограничивает глубину анализа и точность получаемых прогнозов.

1.6 Анализ существующих решений

Учитывая ограничения стандартных офисных инструментов для сложного анализа временных рядов смертности, возникает вопрос о существующих альтернативных подходах и решениях, которые могли бы применяться в ГБУЗ АО «АМИАЦ». Анализ охватывает как общеупотребительные аналитические средства, так и более специализированные платформы.

На практике, помимо базовых табличных процессоров, для аналитических задач, включая элементы прогнозирования, могут использоваться универсальные статистические пакеты. Программы вроде SPSS, Statistica, или среды с открытым кодом с соответствующими библиотеками, предоставляют мощный аппарат для статистического моделирования и анализа временных рядов. Однако их эффективное использование требует от аналитиков глубоких знаний в области

программирования, а также значительного времени на подготовку данных, выполнение расчетов и интерпретацию результатов.

Другим классом инструментов являются системы бизнес-аналитики. Платформы Tableau, Power BI, Qlik Sense отлично подходят для визуализации данных и создания интерактивных отчетов. Некоторые из них включают базовые функции прогнозирования, обычно основанные на простых методах экстраполяции. Однако их возможности для глубокого прогностического моделирования, применения сложных алгоритмов или систематического сравнения различных моделей ограничены, так как прогнозирование не является их основной функцией.

Помимо этих общедоступных инструментов, существуют и специализированные программные решения, ориентированные на анализ данных именно в сфере здравоохранения и эпидемиологии. В качестве примеров таких систем были более подробно рассмотрены платформы HealthMap и SickWeather.

HealthMap – это система, основной задачей которой является мониторинг и прогнозирование распространения инфекционных заболеваний по всему миру. Она агрегирует данные из множества источников (СМИ, отчеты организаций, социальные медиа) и использует алгоритмы машинного обучения для картирования эпидемиологической обстановки. Система представляет ценность для глобального эпиднадзора. Однако ее направленность на инфекционную заболеваемость, глобальный масштаб и использование преимущественно внешних, часто неструктурированных данных, ограничивают ее применимость для задачи прогнозирования смертности на уровне конкретного региона.

SickWeather, в свою очередь, фокусируется на прогнозировании вероятности различных заболеваний на локальном уровне. Источником данных для этой системы служат главным образом сообщения пользователей в социальных сетях или специализированных приложениях, где упоминаются симптомы заболеваний. На основе этих данных строится своего рода «карта болезней». Хотя система и ориентирована на локальный уровень, ее задачи и тип исходных данных заметно отличаются от потребностей ГБУЗ АО «АМИАЦ», которому требуется прогноз смертности на основе официальной статистики.

Основные характеристики рассмотренных систем и требования к разрабатываемому решению сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ существующих систем прогнозирования

Критерий оценки	HealthMap	SickWeather	Требования к разрабатываемой системе
Фокус прогнозирования	Распространение инфекционных заболеваний	Вероятность различных заболеваний (заболеваемость)	Смертность населения (общая и по причинам)
Масштаб/Охват	Глобальный	Локальный	Региональный (Амурская область)
Основные источники данных	Внешние данные (веб, новости, соцсети)	Данные пользователей (соцсети, приложения)	Административные данные «АМИАЦ»
Целевое назначение	Мониторинг вспышек	Информирование	Планирования и управления

Проведенный анализ показывает, что существующие решения, подобные HealthMap и SickWeather, не отвечают специфическим задачам ГБУЗ АО «АМИАЦ» по прогнозированию смертности на основе официальных региональных данных из-за различий в целях, масштабах и используемых источниках информации. Это свидетельствует об отсутствии готового инструментария для данной конкретной аналитической задачи.

1.7 Обоснование необходимости разработки

Стандартные подходы к анализу динамики смертности, реализуемые в ГБУЗ АО «АМИАЦ» с помощью общедоступных инструментов вроде табличных процессоров, имеют существенные ограничения. Они не позволяют в полной мере выявлять сложные закономерности во временных рядах и эффективно применять современные статистические и математические методы прогнозирования. В то же время, готовые внешние платформы не соответствуют специфике используемых данных и задачам регионального аналитического центра.

Учитывая выявленные ограничения существующих подходов и инструментов для эффективного прогнозирования смертности в условиях регионального аналитического центра, становится очевидной целесообразность разработки специализированного программного решения.

Такое решение, интегрированное в рабочий процесс ГБУЗ АО «АМИАЦ» и оперирующее непосредственно локальными массивами статистических данных, обеспечит возможность устранить существующие недостатки. Ключевым аспектом здесь является создание инструмента, точно настроенного под специфику анализируемых временных рядов и задачи прогнозирования смертности, в отличие от адаптации универсальных систем с избыточной или недостаточной функциональностью.

Разработка собственного программного продукта позволит внедрить современные методы прогностического моделирования, включая алгоритмы машинного обучения, которые трудно или неэффективно применять с использованием лишь общедоступных офисных средств. Это, в свою очередь, не только повысит точность и глубину прогнозов, но и оптимизирует аналитические процессы за счет автоматизации рутинных этапов обработки данных и генерации отчетности.

Создание такого прикладного инструментария полностью соответствует актуальным тенденциям цифровизации здравоохранения и задачам, стоящим перед региональными медицинскими информационно-аналитическими центрами в рамках реализации национальных проектов. Это позволит ГБУЗ АО «АМИАЦ» выполнять свои аналитические функции на более высоком качественном уровне, предоставляя своевременную и обоснованную прогностическую информацию для нужд управления системой здравоохранения региона.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Выбор модели жизненного цикла

При создании ИАС важно определить модель жизненного цикла (ЖЦ). Этот выбор влияет на общую стратегию и порядок этапов разработки, а также помогает структурировать сам процесс, эффективно распоряжаться ресурсами, предвидеть риски и гибко реагировать на изменения [4].

Для определения наиболее подходящей модели для разработки системы прогнозирования смертности, учитывая специфику ГБУЗ АО «АМИАЦ» и характер поставленных задач, был проведен сравнительный анализ ключевых характеристик распространенных моделей ЖЦ. Результаты этого анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ моделей ЖЦ

Характеристика	Каскадная	Итерационная	Спиральная	Гибкие (Agile)	RAD
Стабильность требований	Требуется высокая	Допустимы изменения	Низкая	Низкая	Низкая
Вовлечение пользователя	Низкое	Периодическое	Высокое	Постоянное	Высокое
Управление рисками	Слабое	Умеренное	Сильное	Частое, адаптивное	Умеренное
Гибкость к изменениям	Низкая	Высокая	Высокая	Очень высокая	Высокая
Скорость поставки версий	Низкая	Средняя	Средняя/Низкая	Высокая	Очень высокая
Сложность управления	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя/Высокая	Средняя

Анализ показывает, что для проектов с потенциально меняющимися требованиями, необходимостью гибкого реагирования на результаты и активным вовлечением пользователя наиболее предпочтительными выглядят итерационные и

Agile модели, а также, в некоторых аспектах, RAD. Модели с жесткой последовательностью, такие как каскадная, менее подходят для задач с исследовательским компонентом.

Анализируя специфику разрабатываемой системы прогнозирования смертности, можно выделить следующие особенности:

- исследовательский характер: построение точных прогностических моделей требует анализа данных, экспериментов с различными алгоритмами и параметрами, что подразумевает возможные корректировки и итеративное улучшение;
- неполнота требований на старте: хотя общая цель ясна, конкретные визуализации, детализация отчетов, пользовательский интерфейс и даже набор конечных моделей могут уточняться по мере разработки и получения промежуточных результатов;
- необходимость быстрой обратной связи: важно иметь возможность оперативно оценивать работоспособность отдельных компонентов и вносить изменения.

В таких условиях жесткие последовательные модели малоэффективны. Гибкие методологии разработки, напротив, изначально спроектированы для работы в условиях неопределенности и меняющихся требований. Они основаны на итеративном и инкрементальном подходе, когда система создается небольшими функциональными частями в рамках коротких циклов.

В рамках Agile-подхода существует несколько популярных фреймворков, таких как Scrum и Канбан. Scrum предполагает работу короткими фиксированными итерациями с четко определенным объемом задач на каждый спринт и регулярными встречами команды. Канбан, в свою очередь, фокусируется на визуализации потока работ, ограничении незавершенной работы и непрерывном улучшении процесса [5].

Для данного проекта, учитывая его исследовательский характер и потенциальную неравномерность появления задач, связанных с экспериментами и

анализом данных, был выбран подход, сочетающий принципы Agile с элементами Канбан-методологии.

Практическая реализация разработки с использованием выбранных Agile-принципов и элементов Канбан-методологии будет основана на декомпозиции общей задачи создания системы на ряд последовательных, логически завершенных этапов. Управление этими этапами и задачами внутри них будет осуществляться через визуализацию потока работ, что обеспечит итеративное наращивание функциональности системы. Циклический характер этого процесса и ключевые этапы наглядно демонстрирует рисунок 1.



Рисунок 1 – Основные этапы итеративной разработки системы

Вместо монолитной разработки, система создается итерационно, проходя через ключевые стадии ЖЦ на каждом витке. Начиная с проектирования интуитивно понятного пользовательского интерфейса, и переходя к созданию надежной БД для агрегации и обработки статистики смертности, обеспечивается прочный фундамент для аналитики. Завершающее каждую итерацию тщательное тестирование не только выявляет ошибки, но и дает ценную информацию для корректировки курса разработки, обеспечивая эволюционное развитие системы и ее максимальное соответствие практическим задачам прогнозирования и анализа.

2.2 Архитектура информационно-аналитической системы

2.2.1 Описание функциональных подсистем

Следующим логическим шагом является определение архитектуры создаваемой ИАС. Проектирование сложной системы, такой как инструмент прогнозирования смертности, требует её декомпозиции на логически завершённые, взаимодействующие компоненты.

В архитектуре системы принято различать компоненты по их назначению. Функциональные подсистемы реализуют основную бизнес-логику и решают задачи, непосредственно связанные с предметной областью – в данном случае, с обработкой статистических данных о смертности и построением прогнозов. Они представляют собой ядро системы [6].

Прежде чем определить конкретные подсистемы, был проведен анализ ключевых возможностей, которыми должен обладать конечный продукт. Необходимо обеспечить не только выполнение самих прогнозов, но и удобное управление исходными данными, визуализацию результатов, настройку моделей и экспорт отчетов. Основные требуемые возможности системы сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Ключевые требуемые возможности системы

Категория	Основные возможности
Работа с данными	Полный набор операций по управлению статистическими данными о смертности и их экспорт в виде отчета.
Прогнозирование	Построение и оценка прогнозов с использованием различных моделей и настраиваемых параметров.
Представление	Визуализация динамики данных и прогнозов.
Интерфейс	Предоставление интуитивного, настраиваемого интерфейса с несколькими режимами отображения содержимого окна.
Доступ и безопасность	Авторизации пользователей для доступа к системе.

В результате анализа требуемых возможностей и для обеспечения логической структуры были выделены следующие основные функциональные подсистемы, отвечающие за реализацию конкретных этапов работы:

- подсистема авторизации;

- подсистема управления данными;
- подсистема прогнозирования;
- подсистема анализа и визуализации;
- подсистема пользовательского интерфейса;
- подсистема формирования отчетов.

Подсистема авторизации решает задачу обеспечения безопасности и предоставления авторизованного доступа к системе. Она выполняет авторизацию пользователей при входе в систему на основе учетных данных.

Подсистема управления данными выполняет функции, связанные с ЖЦ данных в системе. Она обеспечивает извлечение исходных статистических данных из внешних источников, их структурированное хранение и предоставление другим подсистемам по запросу. Также она реализует возможность модификации выгруженных данных – добавление новых записей, редактирование существующих и удаление устаревших или некорректных.

Подсистема прогнозирования реализует ключевую аналитическую функциональность системы. Ее задачи заключаются в применении выбранной пользователем прогностической модели к подготовленным данным, расчет прогнозных значений на указанный период, управление процессом обучения моделей, сохранение и загрузка обученной модели, а также вычисление оценки качества полученного прогноза. Эта подсистема также обрабатывает принятие гиперпараметров и фильтров прогнозирования, выбранные пользователем.

Подсистема анализа и визуализации отвечает за преобразование табличных данных в графическое представление для облегчения восприятия тенденций и закономерностей. Основная задача – построение динамических графиков временных рядов смертности на основе исторических данных и результатов прогнозирования. Компонент обеспечивает наглядное отображение динамики показателей во времени и предоставляет интерактивные возможности, такие как получение точных значений при позиционировании на графике.

Подсистема пользовательского интерфейса решает задачу предоставления средств взаимодействия пользователя с системой. Она отвечает за визуальное

представление информации и элементов управления, прием пользовательского ввода, а также за отображение результатов работы других подсистем. Ключевой задачей является обеспечение интуитивно понятного и эффективного доступа ко всем возможностям системы, включая навигацию между разделами, настройку параметров отображения и прогнозирования.

Подсистема формирования отчетов решает задачу представления результатов в документированном виде. Она агрегирует всеми данными для создания сводных отчетов и обеспечивает возможность экспорта как исходных данных, так и результатов прогноза в стандартизированный формат таблиц.

Общее взаимодействие разрабатываемой ИАС с внешней средой, включая основные потоки входящих данных и исходящих результатов, а также управляющие воздействия и используемые механизмы, представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Функциональная модель программы

Для более детального представления внутренней структуры и логики взаимодействия выделенных функциональных подсистем была построена диаграмма декомпозиции, представленная на рисунке 3. На ней показаны основные компоненты системы и отображены ключевые потоки данных и управления

между ними, иллюстрируя последовательность обработки информации от получения исходных данных до формирования конечных результатов.

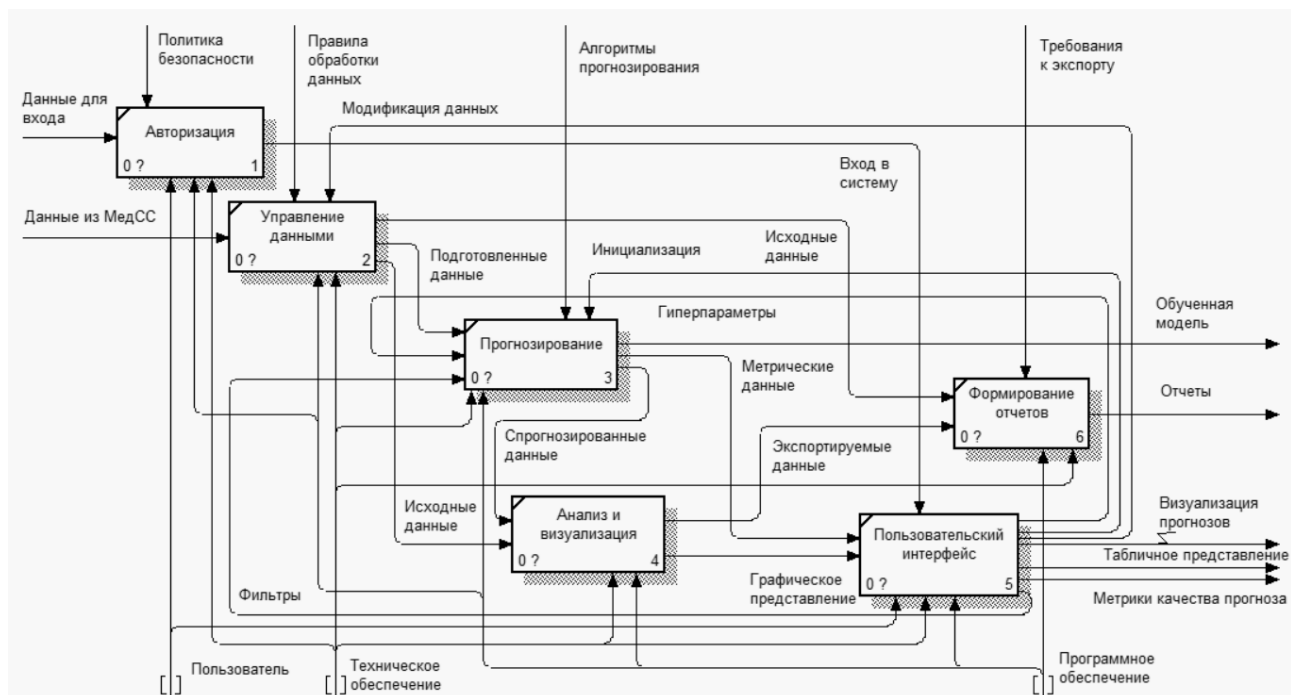


Рисунок 3 – Декомпозиция функциональной модели

2.2.2 Обеспечивающие компоненты и среда функционирования

Для успешной реализации функциональных возможностей, описанных ранее, проектируемая ИАС прогнозирования смертности требует создания соответствующей среды функционирования. Эта среда формируется совокупностью обеспечивающих компонентов, которые предоставляют необходимые ресурсы, инструменты и регламенты для работы основных аналитических и интерфейсных модулей разрабатываемого решения. Ключевыми составляющими, формирующими такую среду для данной системы, являются:

- информационное обеспечение;
- техническое обеспечение;
- программное обеспечение;
- математическое обеспечение;
- правовое обеспечение.

Функционирование проектируемой системы прогнозирования смертности предполагается на стандартных персональных компьютерах пользователей. Для

обеспечения стабильности вычислений и комфортного взаимодействия с пользовательским интерфейсом, к аппаратным ресурсам предъявляются обоснованные требования.

Необходима достаточная вычислительная мощность, обеспечиваемая процессором современного уровня – рекомендуется не ниже Intel Core i3 или его аналога. Это позволит эффективно обрабатывать данные и выполнять расчеты прогностических моделей без существенных задержек. Также для работы с массивами данных и моделями машинного обучения требуется адекватный объем оперативной памяти, составляющий не менее 4 Гб.

Кроме того, для размещения файлов самого программного продукта, функционирующего в портативном режиме, а также для хранения временных файлов и обученных моделей, необходимо около 1 Гб свободного дискового пространства. Для качественной визуализации результатов анализа и прогнозов требуется использования монитора с разрешением 1920x1080 пикселей и стандартной плотностью пикселей 96-120 DPI, что обеспечит четкое отображение графиков, таблиц и корректное масштабирование элементов интерфейса.

Аппаратная платформа функционирует под управлением системного программного обеспечения. В его качестве выступает операционная система, такая как Microsoft Windows 10 или Windows 11, которая предоставляет сервисы для работы приложений, управляет ресурсами компьютера и создает необходимую среду для запуска прикладных программ.

Для полноценной работы системы также используется прикладное программное обеспечение общего назначения. Ключевым компонентом здесь является локальная СУБД, которая обеспечивает структурированное хранение статистических данных о смертности и оперативный доступ к ним для анализа и прогнозирования. Помимо этого, для работы пользователей с экспортируемыми отчетами может потребоваться наличие стандартного офисного программного обеспечения, такого как Microsoft Office или его аналоги.

Центральное место в архитектуре системы, с точки зрения обрабатываемой информации, занимает информационное обеспечение. Для проектируемой

системы прогнозирования смертности оно определяет состав и формат входных статистических данных, которые будут использоваться для анализа и обучения моделей. Ключевым аспектом является также определение структуры их внутреннего хранения, реализуемой через модель БД, и форматов представления выходных результатов – визуализаций динамики, рассчитанных прогностических метрических данных и экспортируемых отчетов.

Логику преобразования исходных данных в прогностическую информацию реализует математическое обеспечение. В контексте данной системы оно охватывает весь спектр применяемых алгоритмов: начиная от методов предварительной обработки исходных временных рядов и заканчивая сложными моделями прогнозирования, а также алгоритмами для расчета оценки качества полученных прогнозов. Именно математическое обеспечение является ядром аналитической составляющей разрабатываемой системы.

Весь процесс разработки и эксплуатации системы осуществляется в рамках правового обеспечения. Это подразумевает необходимость учета актуальных требований законодательства Российской Федерации, особенно в части работы с информацией и данными. Для системы, работающей со статистикой смертности, особое внимание уделяется соблюдению принципов, заложенных в ФЗ-152 «О персональных данных». Это диктует необходимость реализации надежных механизмов защиты информации и процедур аутентификации доступа, которые закладываются на этапе проектирования архитектуры.

2.3 Проектирование базы данных

2.3.1 Инфологическое проектирование

Инфологическое проектирование представляет собой концептуальный этап разработки БД, на котором определяется состав и структура информации предметной области без привязки к конкретной СУБД. Цель инфологического моделирования – создать ясное и однозначное представление о данных, необходимых для решения поставленной задачи, их свойствах и взаимосвязях.

В контексте задачи прогнозирования смертности для ГБУЗ АО «АМИАЦ», инфологическое проектирование основывается на анализе структуры и содержания статистических данных, предоставляемых организацией.

В результате анализа предоставленных данных и с учетом требований к функциональности системы, включая необходимость связывания фактов смертности с демографическими и географическими признаками, были выделены ключевые сущности, отражающие необходимую информацию:

- сущность «Пациент» – содержит информацию об умерших пациентах;
- сущность «Причина» – хранит основные категории причин смерти;
- сущность «Район» – содержит информацию о всех территориальных единицах Амурской области;
- сущность «Случай» – фиксирует информацию о зарегистрированном случае смерти.

Для обеспечения однозначной идентификации каждого умершего пациента в системе и доступа к связанной с ним демографической информации, для сущности «Пациент» был выбран уникальный ключевой атрибут «Код пациента». Описание атрибутов сущности «Пациент» приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Спецификации атрибутов сущности «Пациент»

Название атрибута	Описание атрибута	Тип данных	Диапазон значений	Пример атрибута
Код пациента	Уникальный идентификатор пациента	Числовой	>0	1001
ФИО	ФИО пациента	Текстовый	–	Иванов Иван Иванович
Пол	Пол пациента	Текстовый	–	Мужской
Дата рождения	Дата рождения пациента	Дата	–	01.01.1970

В системе необходимо хранить справочную информацию об основных категориях причин смерти. Для этого была выделена сущность «Причина». Для

однозначной идентификации каждой категории и доступа к ее описанию, для сущности «Причина» был выбран ключевой атрибут «Код причины». Описание атрибутов сущности «Причина» представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Спецификации атрибутов сущности «Причина»

Название атрибута	Описание атрибута	Тип данных	Диапазон значений	Пример атрибута
Код причины	Уникальный идентификатор причины	Числовой	>0	2001
Наименование	Наименование причины	Текстовый	–	Рак
Описание	Краткое описание причины	Текстовый	–	Различные виды онкологических заболеваний

Для анализа географического распределения смертности необходимо хранить информацию о территориальных единицах Амурской области. Для этого была выделена сущность «Район». Для однозначного определения каждой территориальной единицы и доступа к информации о ней, для сущности «Район» был выбран ключевой атрибут «Код района». Описание атрибутов сущности «Район» приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Спецификации атрибутов сущности «Район»

Название атрибута	Описание атрибута	Тип данных	Диапазон значений	Пример атрибута
Код района	Уникальный идентификатор причины	Числовой	>0	3001
Название	Название района	Текстовый	–	Благовещенск
Тип	Тип района	Текстовый	–	Город

Для обеспечения уникальной идентификации каждого зарегистрированного случая смерти и доступа к соответствующей информации о нем, для сущности «Случай» был выбран ключевой атрибут «Код случая». Описание атрибутов сущности «Случай» приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Спецификации атрибутов сущности «Случай»

Название атрибута	Описание атрибута	Тип данных	Диапазон значений	Пример атрибута
Код случая	Уникальный идентификатор случая	Числовой	>0	4001
Дата смерти	Дата смерти	Дата	–	01.01.2025

Для корректного представления предметной области и обеспечения согласованности информации, сущности в системе должны быть взаимосвязаны. Установление таких связей критически важно, так как оно позволяет системе эффективно оперировать данными и проводить их анализ.

Связь между сущностями «Пациент» и «Случай» имеет тип «один к одному». Каждый зарегистрированный случай смерти относится к одному конкретному умершему пациенту, и каждый умерший пациент в рамках данной системы связан только с одним случаем смерти. Визуальное представление данной связи продемонстрировано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Связь «Пациент – Случай»

Связь между сущностями «Причина» и «Случай» представляет собой тип «один ко многим». Одна и та же категория причины смерти может быть указана для множества различных случаев смерти, однако каждый конкретный случай смерти относится только к одной определенной категории причин. Графическая интерпретация указанной взаимосвязи приведена на рисунке 5.

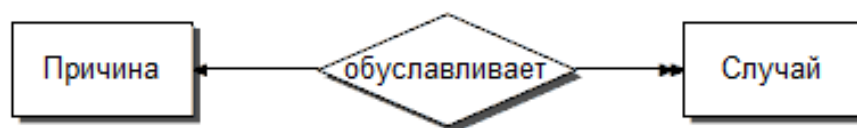


Рисунок 5 – Связь «Причина – Случай»

Связь между сущностями «Район» и «Случай» имеет тип «один ко многим». Это подразумевает, что в одной административно-территориальной единице может быть зарегистрировано множество случаев смерти, но каждый отдельный случай смерти происходит и фиксируется в пределах одного конкретного района. Данная взаимосвязь показана на рисунке 6.

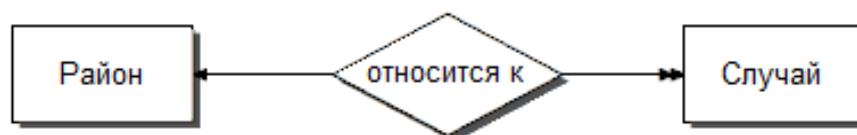


Рисунок 6 – Связь «Район – Случай»

Для наглядного представления всей структуры данных, объединяющей все идентифицированные сущности, их атрибуты и все установленные между ними взаимосвязи в единой схеме, была разработана обобщенная инфологическая модель. Для визуализации этой комплексной структуры была выбрана нотация Чена, которая позволяет четко отобразить как сущности и их характеристики, так и типы связей между ними.

Итоговая инфологическая модель в нотации Чена, визуализирующая полную структуру данных, представлена на рисунке 7.

Инфологическая модель наглядно иллюстрирует, как информация об умерших, категориях причин и территориальных единицах интегрируется посредством сущности «Случай», формируя тем самым единое информационное представление анализируемых данных о смертности.

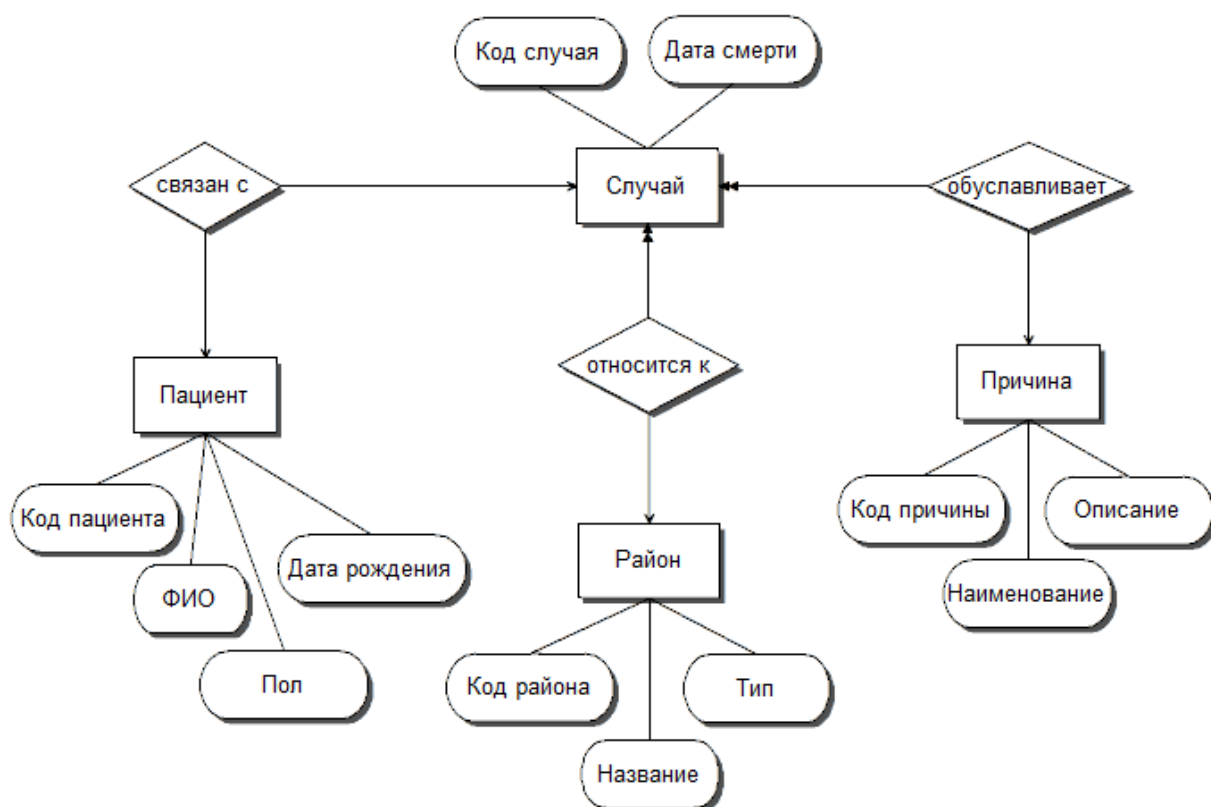


Рисунок 7 – Инфологическая модель БД в нотации Чена

Построенная целостная структура является необходимой основой для перехода к логическому проектированию, в ходе которого эти абстрактные концепции будут преобразованы в конкретные таблицы и поля реляционной БД, предназначенной для решения задач прогнозирования смертности.

2.3.2 Логическое проектирование

Ключевым аспектом логического проектирования является корректная реализация взаимосвязей. В реляционной модели связи устанавливаются посредством механизма внешних ключей.

Инфологическая связь «один к одному» между сущностями «Пациент» и «Случай» (рисунок 4) трансформируется в реляционную связь путем добавления атрибута «Код пациента», являющегося первичным ключом таблицы «Пациент», в таблицу «Случай» в качестве внешнего ключа. Этот шаг обеспечивает прямую ссылку от каждой записи о смерти к соответствующей записи об умершем. Исходное состояние таблиц представлено на рисунке 8. В результате

преобразования получается отношение, показанное на рисунке 9, где таблица «Случай» теперь содержит ссылку на таблицу «Пациент».

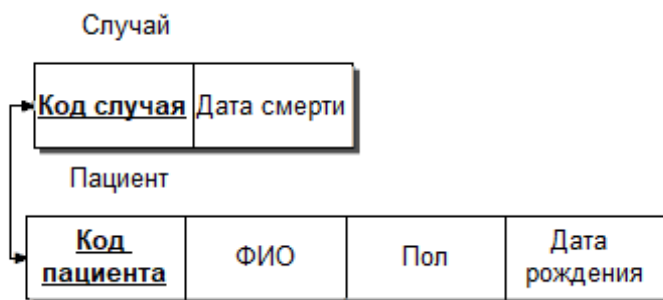


Рисунок 8 – Исходное состояние таблиц «Пациент» и «Случай»

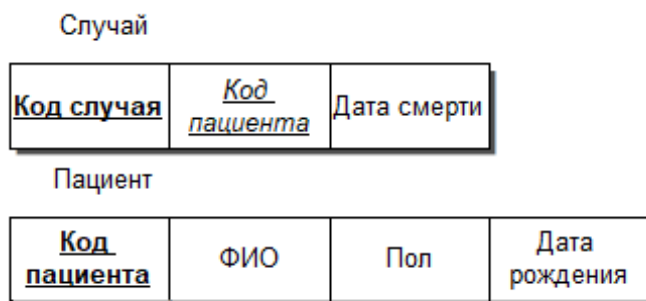


Рисунок 9 – Реализация связи «Пациент – Случай» через внешний ключ

Связь между «Причина» и «Случай», имеющая тип «один ко многим» (рисунок 5), преобразуется аналогично. Первичный ключ таблицы «Причина», атрибут «Код причины», добавляется как внешний ключ в таблицу «Случай». Исходное состояние таблицы «Случай» показано на рисунке 10. В результате получается отношение, где к таблице «Случай» добавлен внешний ключ, ссылающийся на первичный ключ сущности «Причина», что отражено на рисунке 11.



Рисунок 10 – Исходное состояние таблиц «Причина» и «Случай»



Рисунок 11 – Реализация связи «Причина – Случай» через внешний ключ

Связь «Район – Случай», также имеющая тип «один ко многим» (рисунок 6), преобразуется добавлением первичного ключа сущности «Район», атрибута «Код района», в сущность «Случай» в качестве внешнего ключа. Состояние таблицы «Случай» до этого преобразования представлено на рисунке 12. Результатом является отношение, где таблица «Случай» содержит внешний ключ, ссылающийся на первичный ключ сущности «Район», как показано на рисунке 13.



Рисунок 12 – Исходное состояние таблиц «Район» и «Случай»



Рисунок 13 – Реализация связи «Район – Случай» через внешний ключ

Важнейшей частью логического проектирования является нормализация структуры данных. Цель нормализации – оптимизация структуры таблиц для минимизации избыточности хранимой информации и предотвращения

потенциальных аномалий при её обновлении, добавлении или удалении, обеспечивая тем самым целостность данных. Анализ сущностей, выделенных на инфологическом этапе, проводился на соответствие основным принципам нормализации (первой, второй и третьей нормальным формам).

В ходе анализа было установлено, что сущность «Пациент» изначально содержала неатомарный атрибут «ФИО», что не соответствует требованиям первой нормальной формы. С целью нормализации этот атрибут был разделен на три отдельных атомарных: «Фамилия», «Имя» и «Отчество», как показано на рисунке 14.

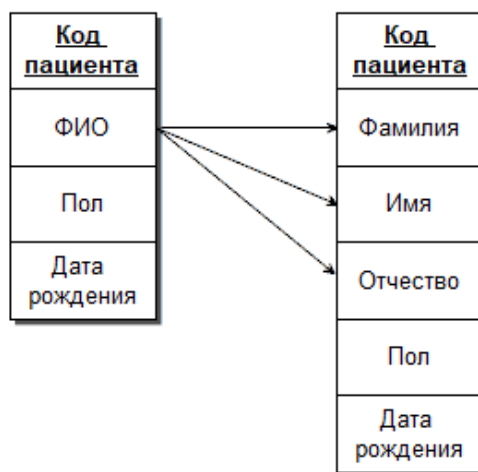


Рисунок 14 – Приведение сущности «Пациент» к первой нормальной форме

Последующий анализ показал, что все сущности, включая модифицированную сущность «Пациент», удовлетворяют требованиям второй и третьей нормальных форм. Это обусловлено отсутствием частичных зависимостей неключевых атрибутов от составных ключей и отсутствием транзитивных зависимостей между неключевыми атрибутами.

Для подтверждения корректности структуры и нормализации был проведен анализ функциональных зависимостей внутри каждой сущности. Функциональная зависимость определяет, как значения неключевых атрибутов однозначно определяются значением первичного ключа. Визуализация этих зависимостей, демонстрирующая, что все неключевые атрибуты напрямую зависят от

первичного ключа соответствующей сущности, представлена на рисунках 15 – 18.



Рисунок 15 – Функциональная зависимость сущности «Пациент»



Рисунок 16 – Функциональная зависимость сущности «Причина»



Рисунок 17 – Функциональная зависимость сущности «Район»



Рисунок 18 – Функциональная зависимость сущности «Случай»

Результатом этапа логического проектирования стала логическая реляционная модель БД. Эта модель формализует структуру данных в виде набора взаимосвязанных таблиц, определяя их атрибуты, первичные ключи и внешние ключи, которые устанавливают связи между таблицами, отражая отношения, выявленные на инфологическом этапе. Итоговая логическая реляционная модель, готовая к физической реализации, представлена на рисунке 19.

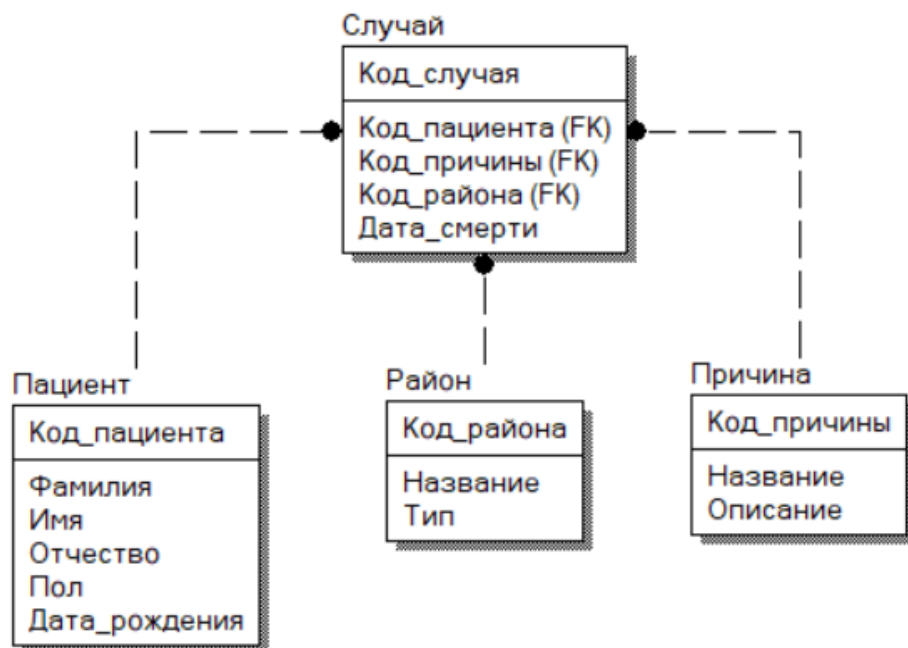


Рисунок 19 – Логическая реляционная модель БД

Данная логическая модель служит основой для следующего этапа – физического проектирования, где будет выбрана конкретная СУБД и определены точные типы данных, индексы и другие параметры физического хранения.

2.3.3 Физическое проектирование

На этапе физического проектирования логическая реляционная модель данных преобразуется в конкретную структуру, готовую для реализации в виде БД. Для каждой таблицы были определены точные технические характеристики хранения: формат данных с их размерностью, назначена индексация, а также установлены правила для обработки пустых значений. Детальное описание каждой физической структуры для таблиц представлено в таблицах 8 – 11.

Таблица 8 – Физическая структура таблицы «Пациент»

Название атрибута	Тип данных	Условия	Формат данных	Индексация
Код пациента	Числовой	>0	Integer	Primary key
Фамилия	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Имя	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Отчество	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Пол	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Дата рождения	Дата	>01.01.1900	Date	–

Таблица 9 – Физическая структура таблицы «Причина»

Название атрибута	Тип данных	Условия	Формат данных	Индексация
Код причины	Числовой	>0	Integer	Primary key
Наименование	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Описание	Текстовый	–	Varchar(16)	–

Таблица 10 – Физическая структура таблицы «Район»

Название атрибута	Тип данных	Условия	Формат данных	Индексация
Код района	Числовой	>0	Integer	Primary key
Название	Текстовый	–	Varchar(16)	–
Тип	Текстовый	–	Varchar(16)	–

Таблица 11 – Физическая структура таблицы «Случай»

Название атрибута	Тип данных	Условия	Формат данных	Индексация
Код случая	Числовой	>0	Integer	Primary key
Код пациента	Числовой	>0	Integer	Foreign key
Код причины	Числовой	>0	Integer	Foreign key
Код района	Числовой	>0	Integer	Foreign key
Дата смерти	Дата	>01.01.1970	Date	–

Обобщенное графическое представление разработанной физической модели, иллюстрирующее финальную структуру таблиц, их атрибуты с типами данных и реализованные связи через внешние ключи, показано на рисунке 20.

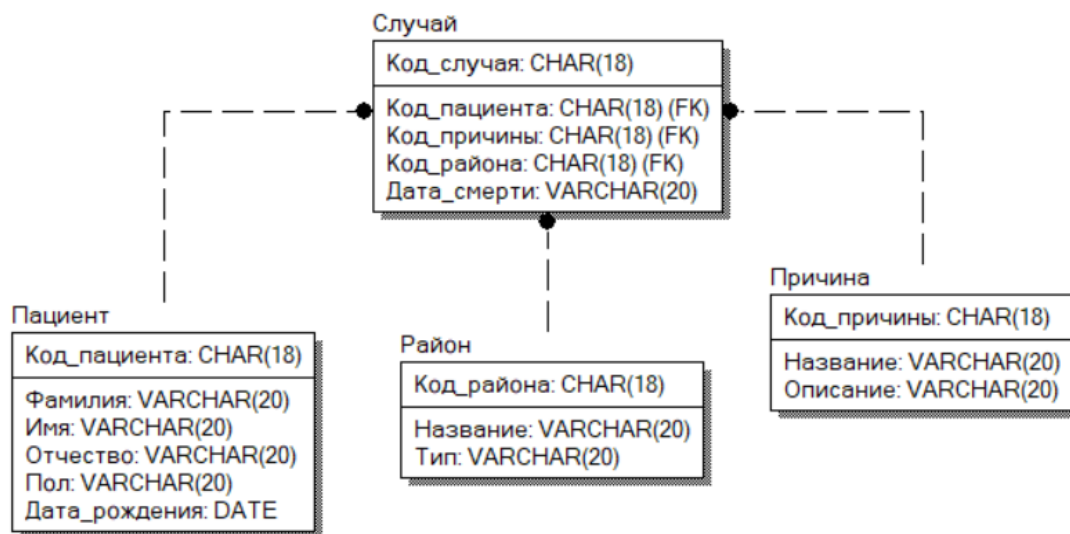


Рисунок 20 – Физическая модель БД

Сформированная физическая модель БД полностью готова для непосредственной реализации в СУБД.

2.4 Выбор средств разработки

Для практической реализации спроектированной системы был определен технологический стек. В его состав вошли язык программирования и соответствующие ему специализированные библиотеки, предназначенные для реализации расчетов, взаимодействия с СУБД, создания пользовательского интерфейса, визуализации данных и машинного обучения. Кроме того, стек включает интегрированную среду разработки. Ключевыми критериями при выборе этих инструментов послужили их релевантность задачам проекта, доступность и необходимые функциональные возможности.

Языком программирования для реализации системы был выбран Python. Это решение обусловлено его обширной экосистемой библиотек, критически важных для анализа данных и машинного обучения. В частности, для эффективной манипуляции массивами данных и табличными структурами, что необходимо при работе со статистической ГБУЗ АО «АМИАЦ», используются библиотеки NumPy и Pandas. Они предоставляют мощные и оптимизированные инструменты для этих задач. Для решения задач прогнозирования были задействованы ведущие библиотеки машинного обучения, такие как Scikit-learn для реализации классических прогностических моделей и TensorFlow/Keras для построения и обучения нейронных сетей.

Для локального хранения структурированных оперативных данных системы была выбрана легковесная, встраиваемая, файловая СУБД – SQLite3. Ее преимущества, такие как простота интеграции со стандартными средствами Python, отсутствие необходимости в отдельном серверном процессе и поддержка SQL-запросов, делают ее оптимальным решением для данного проекта, учитывая предполагаемые объемы данных.

Создание графического пользовательского интерфейса было реализовано с помощью библиотеки PyQt5, предоставляющей доступ к возможностям кроссплатформенного фреймворка Qt. Это позволило разработать интерактивный и

интуитивно понятный интерфейс. Построение графиков временных рядов и наглядная визуализация результатов прогнозирования осуществлялись с использованием библиотеки Matplotlib, являющейся стандартом для создания визуализаций в среде Python.

Формирование детализированных отчетов по результатам прогнозирования, включая экспорт данных и встроенных графиков, было реализовано с применением библиотеки openpyxl для работы с файлами формата Microsoft Excel, в сочетании с возможностями Pandas для подготовки данных.

В качестве основной интегрированной среды разработки для написания, отладки и тестирования кода был использован Visual Studio Code, благодаря его мощной поддержке Python и гибким возможностям настройки.

Таким образом, был сформирован комплекс программных средств, каждое из которых выполняет свою специфическую функцию в рамках реализации системы. Ключевые выбранные средства разработки и их основное назначение в проекте сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Выбранные средства разработки и их назначение

Категория	Средство	Назначение
Язык программирования	Python	Основной язык реализации логики приложения
Работа с данными	Pandas, NumPy	Обработка, манипуляция и анализ табличных данных и массивов
БД	SQLite3	Локальное хранение структурированных данных приложения
Интерфейс	PyQt5	Создание графического пользовательского интерфейса, окон, виджетов
Визуализация	Matplotlib	Построение графиков временных рядов и результатов прогнозирования
Машинное обучение	Scikit-learn	Реализация классических моделей машинного обучения
Нейронные сети	TensorFlow/Keras	Построение, обучение и применение нейросетевых моделей

Формирование отчетов	openruhl	Генерация, форматирование и экспорт отчетов в формате Excel
Среда разработки	Visual Studio Code	Написание, отладка и тестирование кода

Выбор технологического стека для проекта был не случайным, а явился результатом стратегического решения, ориентированного на использование гибких, широко распространенных и активно поддерживаемых технологий. Такой подход изначально закладывает основу для создания надежного и современного продукта. Гибкость выбранных инструментов позволяет адаптироваться к возможным изменениям требований или новым аналитическим задачам, что особенно важно в динамично развивающейся области прогнозирования. Широкое распространение технологий обеспечивает доступ к обширной базе знаний, сообществам разработчиков и готовым решениям, ускоряя процесс разработки, в то время как активная поддержка гарантирует своевременные обновления безопасности и функциональности.

Применение именно таких технологий на текущем этапе разработки напрямую способствует эффективной реализации всех запланированных функциональных возможностей системы прогнозирования смертности. Это позволяет не только качественно выполнить задачи по сбору, обработке и анализу данных, но и реализовать сложные алгоритмы машинного обучения и интуитивно понятный пользовательский интерфейс. Таким образом, стратегический выбор стека направлен на минимизацию рисков и достижение поставленных целей проекта в установленные сроки с высоким уровнем качества.

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

3.1 Структура программного продукта

При разработке программного продукта системы прогнозирования смертности была применена модульная архитектура. Такой подход позволил логически разграничить функциональные блоки и обеспечить удобство дальнейшей поддержки и модификации кода. Физически проект организован как совокупность файлов с исходным кодом, написанных на языке программирования Python, файлов данных и конфигурации, а также директорий для хранения ресурсов, обученных моделей и отчетов.

Внутри корневой директории проекта созданы следующие основные подпапки для структурированного хранения ресурсов:

- папка компонентов (components/) является центральным хранилищем для БД и конфигурационных файлов, внутри которой находятся файл настроек приложения и параметров моделей, а также файл БД;
- папка моделей (models/) предназначена для автоматического сохранения и последующей загрузки файлов обученных моделей прогнозирования;
- папка экспорта (export/) используется программой для сохранения генерируемых выходных файлов отчетов о результатах прогнозирования;
- папка стилей (style/) объединяет все файлы, отвечающие за визуальное оформление пользовательского интерфейса, в неё входят файл используемых шрифтов и графические ресурсы.

Такая структура делит систему на несколько ключевых модулей, каждый из которых выполняет свою специфическую роль в работе всего программного продукта – от первоначального взаимодействия с пользователем до выполнения вычислительно сложных задач прогнозирования и представления итоговых результатов в виде графиков. Основные модули, их назначение и соответствующие им файлы реализации представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные модули программного продукта

Модуль	Ключевые файлы	Назначение
Инициализация и управление конфигурацией	main.py, components/app_settings.json	Инициализация приложения, загрузка и управление глобальными настройками программы.
Пользовательский интерфейс	UI.py, style/golos.ttf, style/ui_elements.png	Создание и управление главным окном, диалоговыми окнами, всеми визуальными элементами и виджетами.
Аутентификация пользователя	auth.py	Реализация логики проверки учетных данных пользователя при входе в систему для обеспечения безопасности доступа.
Подготовка и обработка данных	data.py	Управление локальной БД, предварительная обработка данных формируя основной отчет в качестве исходных данных для прогнозирования.
Реализация прогностических моделей	models.py	Определение и реализация архитектур различных прогностических моделей.
Управление процессом прогнозирования	forecast.py, models/	Координация процесса прогнозирования, такие как выбор модели, управление ее обучением на подготовленных данных, сохранение обученных моделей в файлы и их последующая загрузка.
Визуализация данных и результатов	visualize.py	Динамическое построение и интерактивное отображение графиков исторических данных, результатов прогнозирования.
Формирование и экспорт отчетов	report.py, export/	Генерация структурированных отчетов о результатах выполненных прогнозов.

Такая модульная декомпозиция преследует несколько важных целей. Во-первых, это упрощает понимание общей архитектуры системы, так как каждый модуль отвечает за свою четко очерченную область функциональности. Во-вторых, модульность значительно повышает сопровождаемость кода: изменения или исправления в одном модуле с меньшей вероятностью затронут другие.

Иерархическая структура файлов и подпапок проекта наглядно представлена на рисунке 21.



Рисунок 21 – Схема файловой структуры программного продукта

Взаимодействие между представленными компонентами обеспечивается управляющей логикой основного модуля приложения. Выбранная модульная структура и файловая организация способствуют автономности разработанного программного продукта, облегчают его потенциальное развертывание и дальнейшее сопровождение.

3.2 Реализация алгоритмов прогнозирования

3.2.1 Подготовка данных для моделей

Основным источником для прогнозирования служат исторические данные о случаях смерти в регионе за последние 5 лет, предоставляемые ГБУЗ АО «АМИАЦ» из системы МедСС. Первоначально был произведен импорт данных

в локальную БД программного продукта. Эта БД агрегирует ключевую информацию, необходимую для последующего анализа.

Перед построением прогноза система выполняет формирование сводного временного отчета. Для этого производится обработка всего массива данных, хранящегося в локальной БД, с целью получения агрегированных ежедневных показателей смертности (общее количество, по полу, возрасту, причинам, районам). Именно этот сводный отчет является непосредственным источником данных для дальнейших этапов подготовки признаков и обучения прогностических моделей.

Следующим важным этапом является генерация признаков. Это процесс создания новых характеристик из имеющихся данных для улучшения работы моделей машинного обучения. Исходный временной ряд сам по себе несет ограниченную информацию. Для повышения точности его необходимо обогатить дополнительными, производными признаками, делая информацию более структурированной для моделей [7].

В контексте временных рядов генерируются следующие типы признаков:

- временные признаки представляют собой характеристики, извлеченные непосредственно из даты (например, день недели, месяц), и помогают модели учитывать сезонные или календарные паттерны;
- лаги являются значениями целевой переменной за предыдущие периоды, позволяя модели учитывать автокорреляцию ряда, то есть влияние прошлых значений на текущее;
- скользящие статистики являются сглаженными данными, такими как скользящее среднее или стандартное отклонение за определенное окно, и помогают выявить локальные тренды и изменчивость ряда, убирая краткосрочный шум.

К примеру, изначально набор данных содержит только дату и соответствующее ей количество смертей. После процесса генерации признаков этот набор данных существенно расширяется за счет добавления вычисленных характеристик. В него включаются столбцы, отражающие временные паттерны, значения

предыдущих периодов, а также сглаженные показатели. Результат такого преобразования, демонстрирующий набор данных с уже добавленными признаками, представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Набор данных после генерации признаков

Дата	Количество	День недели	Значение предыдущего дня	Среднее за 2 дня
01.01.2025	10	3 (Ср)	–	–
02.01.2025	25	4 (Чт)	10	17.5
03.01.2025	15	5 (Пт)	25	20
04.01.2025	28	6 (Сб)	15	21.5
05.01.2025	22	7 (Вс)	28	25

После создания всех необходимых признаков выполняется необходимая обработка пропусков, которые неизбежно возникают при расчете лагов и скользящих статистик в начале ряда. Для этого используются методы интерполяции и заполнения. В результате получается расширенный и полный набор данных, готовый для последующего масштабирования.

3.2.2 Масштабирование данных

Полученный набор данных часто содержит характеристики с сильно различающимися диапазонами значений. Для корректной и эффективной работы алгоритмов машинного обучения, особенно нейронных сетей и моделей, чувствительных к масштабу признаков, необходимо привести эти характеристики к сопоставимому масштабу [8].

В данной системе для масштабирования используется метод Min-Max Scaling из библиотеки Scikit-learn. Этот метод преобразует каждый признак таким образом, чтобы его значения находились в заданном диапазоне, что помогает моделям быстрее сходиться и избегать проблем с численной стабильностью.

К примеру, исходные данные о количестве смертей представлены в виде целых чисел. В процессе масштабирования эти целочисленные значения преобразуются в диапазон от 0 до 1, где 0 соответствует минимальному значению

смертности в обучающем наборе, а 1 – максимальному. Пример этого преобразования для фрагмента данных показан в таблице 15.

Таблица 15 – Пример масштабирования значений количества смертей

Дата	Значения до масштабирования	Значения после масштабирования
01.01.2025	10	0.000
02.01.2025	25	0.833
03.01.2025	15	0.278
04.01.2025	28	1.000
05.01.2025	22	0.667

Важно отметить, что масштабирование применяется отдельно к матрице признаков и к целевой переменной. Для этого создаются и обучаются два независимых объекта Min-Max Scaling. Один объект отвечает за приведение всех входных признаков к единому масштабу, опираясь на параметры, вычисленные из обучающих данных. Второй объект, также настроенный на обучающих данных, используется не только для масштабирования целевой переменной во время обучения, но и для критически важной операции – возвращения спрогнозированных моделью значений из диапазона обратно в реальное количество смертей с помощью обратного преобразования. Эти настроенные объекты сохраняются вместе с соответствующей моделью как её неотъемлемые компоненты, гарантируя правильную обработку данных при дальнейших прогнозах.

3.2.3 Описание реализованных моделей

Для решения задачи прогнозирования временных рядов смертности были рассмотрены и реализованы модели, представляющие основные классы подходов, различающихся по сложности и принципу работы. Выбор конкретного метода зависит от характеристик данных и требуемой точности прогноза.

Статистические и базовые методы являются отправной точкой в анализе временных рядов. Простейший из них, Baseline, строит прогноз на основе недавних наблюдений. Более сложный статистический метод, линейная регрессия моделирует линейную зависимость между целевым значением и набором подготовленных признаков, учитывая тренды и простую сезонность. Ценность этих

методов заключается в их простоте, скорости работы и интерпретируемости результатов, что делает их хорошим эталоном для сравнения.

Нейронные сети представляют собой более мощный класс моделей машинного обучения, способный выявлять сложные нелинейные закономерности в данных. Их структура состоит из слоев взаимосвязанных искусственных нейронов: входного слоя, принимающего подготовленные признаки, одного или нескольких скрытых слоев, где происходит основная обработка, и выходного слоя, генерирующего прогноз. Ключевое преимущество нейронных сетей – их способность к самообучению на исторических данных. Однако их эффективность зависит от правильного выбора архитектуры и гиперпараметров, а также от применения методов борьбы с переобучением [9].

В данной системе реализованы следующие нейросетевые архитектуры:

- полносвязная сеть (Dense) является базовой архитектурой, где каждый нейрон слоя напрямую связан со всеми нейронами предыдущего слоя и хорошо подходит для выявления общих нелинейных взаимосвязей между всем набором входных признаков;
- сверточная нейронная сеть (CNN) использует одномерные сверточные фильтры для эффективного выявления локальных временных паттернов таких как пики или короткие циклы в данных;
- сеть с долгой краткосрочной памятью (LSTM) относится к классу рекуррентных сетей разработанных специально для улавливания зависимостей во временных данных благодаря своим внутренним механизмам памяти что делает её особенно эффективной для рядов со сложной динамикой и сезонностью.

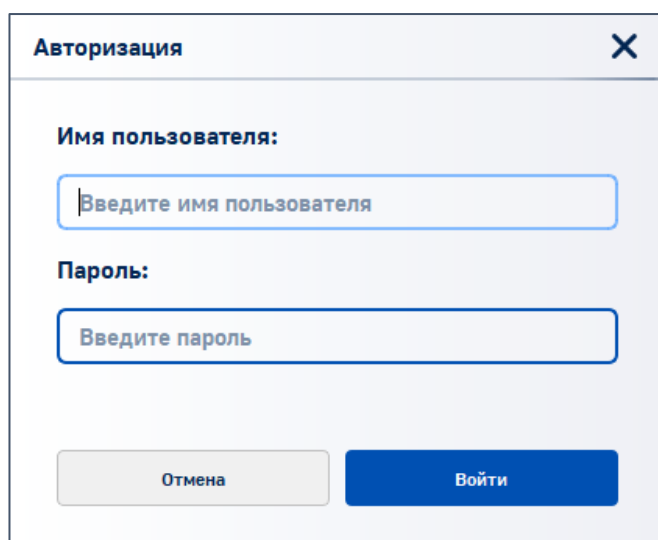
Для этих моделей предусмотрен этап обучения на подготовленных и масштабированных исторических данных. В ходе обучения модель итеративно подстраивает свои внутренние параметры, минимизируя выбранную функцию потерь с помощью оптимизатора Adam. Для предотвращения переобучения – явления, при котором модель теряет обобщающую способность из-за чрезмерной подгонки под обучающую выборку – применяются стандартные методы регуляризации: механизм ранней остановки, прекращающий обучение при отсутствии

улучшения на валидационной выборке, и техника Dropout, случайным образом деактивирующая часть нейронов на этапах обучения.

Выбор и реализация моделей от простых статистических до различных нейросетевых архитектур позволяет провести всесторонний анализ данных.

3.3 Пользовательский интерфейс

При запуске программного продукта первоочередной задачей является обеспечение безопасности и разграничение доступа к данным и функционалу. Поэтому, перед отображением главного рабочего окна, система выводит диалоговое окно авторизации, представленное на рисунке 22.



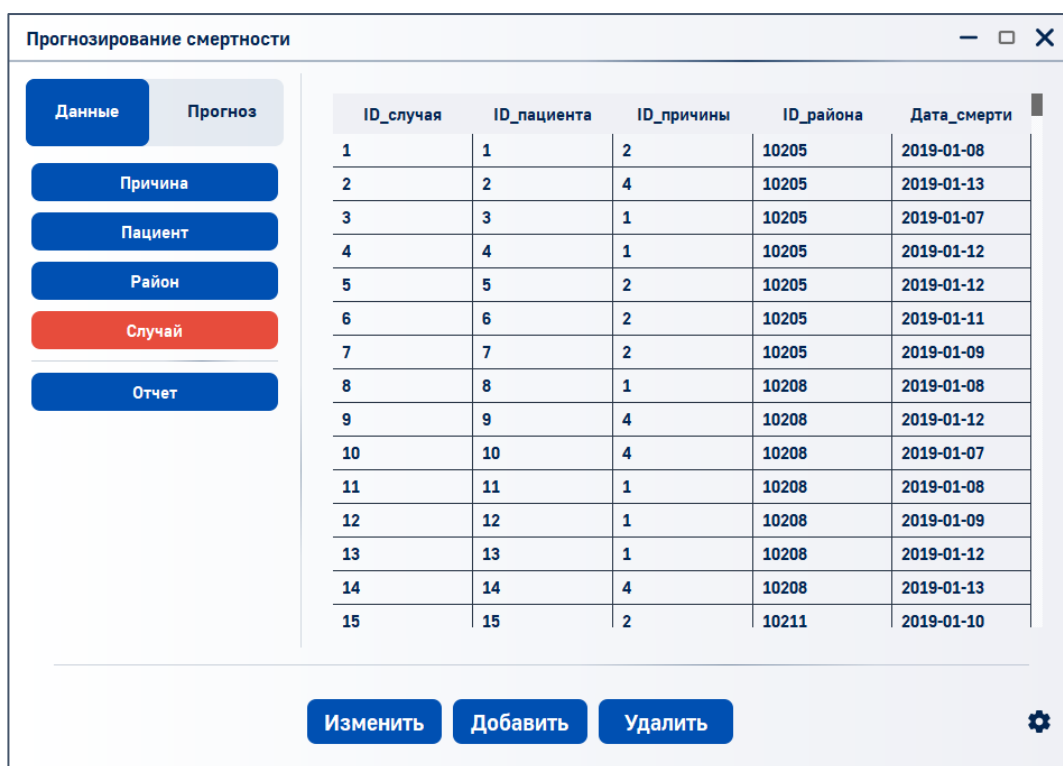
The image shows a standard Windows-style dialog box titled "Авторизация" (Authorization) with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there are two labels: "Имя пользователя:" (Username) and "Пароль:" (Password). Below each label is a text input field. The first input field has the placeholder text "Введите имя пользователя" (Enter username). The second input field has the placeholder text "Введите пароль" (Enter password). At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Отмена" (Cancel) on the left and "Войти" (Login) on the right. The "Войти" button is highlighted in blue, while the "Отмена" button is light gray.

Рисунок 22 – Окно авторизации

Пользователю необходимо ввести свое имя пользователя и пароль для подтверждения личности. Для повышения безопасности пароли хранятся не в открытом виде, а с использованием криптографического хеширования, что значительно затрудняет их подбор или кражу.

Главное окно приложения спроектировано как единое рабочее пространство. Оно включает переработанную строку заголовка и основную рабочую область, разделенную на левую панель управления и правую панель отображения. Ключевым элементом на левой панели является кнопка-переключатель режимов, позволяющий выбрать одну из двух основных областей работы: «Данные» или «Прогноз».

При выборе режима «Данные» левая панель предоставляет инструменты для работы с локальной БД, где хранятся импортированные и структурированные сведения о случаях смерти. Здесь расположены кнопки для выбора основных таблиц БД: «Причина», «Пациент», «Район», «Случай». При нажатии на одну из этих кнопок в правой части окна отображается содержимое соответствующей таблицы, как это представлено на рисунке 23. В этом режиме в нижней части окна становятся активными кнопки «Изменить», «Добавить», «Удалить», предоставляя пользователю возможность выполнять стандартные операции над записями выбранной таблицы.



ID_случая	ID_пациента	ID_причины	ID_района	Дата_смерти
1	1	2	10205	2019-01-08
2	2	4	10205	2019-01-13
3	3	1	10205	2019-01-07
4	4	1	10205	2019-01-12
5	5	2	10205	2019-01-12
6	6	2	10205	2019-01-11
7	7	2	10205	2019-01-09
8	8	1	10208	2019-01-08
9	9	4	10208	2019-01-12
10	10	4	10208	2019-01-07
11	11	1	10208	2019-01-08
12	12	1	10208	2019-01-09
13	13	1	10208	2019-01-12
14	14	4	10208	2019-01-13
15	15	2	10211	2019-01-10

Рисунок 23 – Главное окно с режимом отображения «Данные»

Необходимость редактирования данных, импортированных из официальной системы МедСС, обусловлена практическими задачами: возможностью оперативной коррекции единичных ошибок или опечаток, выявленных при анализе, а также для уточнения или стандартизации записей непосредственно в локальной копии данных, используемой для прогнозирования, без влияния на исходную систему-источник.

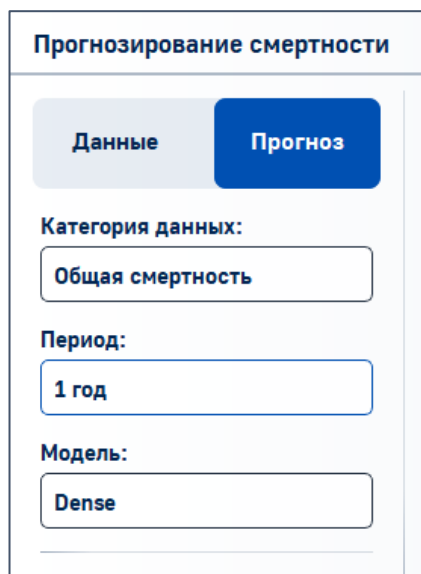
Особое место в левой панели режима «Данные», под кнопками выбора таблиц, занимает кнопка «Отчет». Нажатие этой кнопки запускает процесс агрегации информации по всей локальной БД. Система обрабатывает связанные таблицы и формирует сводный временной отчет. Этот отчет содержит агрегированные ежедневные показатели смертности, сгруппированные по различным категориям, таким как общее количество, пол, возрастные группы, причины смерти и территориальные единицы, как представлено на рисунке 24.

Дата	Кол-во	М	Ж	0-14	15-24	25-59	60+	п.ССЗ	п.ОНК	п.ДП	п.ДР
11.05.2025	22	12	10	5	0	5	10	2	8	3	9
10.05.2025	32	11	21	4	3	14	10	6	8	9	9
09.05.2025	27	17	10	1	0	14	10	8	6	10	3
08.05.2025	25	15	10	3	2	13	6	9	3	5	8
07.05.2025	35	16	19	4	0	13	15	4	11	9	11
06.05.2025	25	11	14	5	1	6	10	6	8	7	4
05.05.2025	27	15	12	6	4	10	6	6	5	12	4
04.05.2025	21	9	12	5	1	8	6	4	4	3	10
03.05.2025	22	12	10	5	1	8	5	4	6	6	6
02.05.2025	32	13	19	2	3	15	12	8	2	5	17
01.05.2025	38	17	21	8	1	17	10	12	8	3	15
30.04.2025	32	17	15	3	3	11	13	8	7	7	10
29.04.2025	27	16	11	4	3	8	12	7	5	6	9
28.04.2025	29	21	8	6	4	12	7	3	11	11	4

Рисунок 24 – Отображение сводного отчета в режиме «Данные»

После завершения формирования, данный агрегированный отчет отображается в правой панели основного окна, заменяя собой ранее выбранную таблицу с детальными записями. Одновременно с этим, основная кнопка действия в нижней части меняется на «Сохранить». Такой интерфейс позволяет пользователю не только просмотреть агрегированные данные, но и сохранить именно этот сводный отчет, который является непосредственной основой для дальнейшего процесса прогнозирования, в отдельный файл.

При переключении в режим «Прогноз» интерфейс изменяется для выполнения основной задачи системы. Левая панель теперь содержит набор выпадающих списков, служащих фильтрами для настройки параметров прогноза. Пользователь последовательно выбирает основную категорию данных для анализа (общая смертность, по полу, возрасту, причине, району), уточняющую подкатегорию, период (горизонт прогнозирования) и тип модели прогнозирования, как представлено на рисунке 25.



The image shows a web interface titled "Прогнозирование смертности" (Mortality Forecasting). It features two tabs: "Данные" (Data) and "Прогноз" (Forecast), with "Прогноз" being the active tab. Below the tabs, there are three filter sections: "Категория данных:" (Data Category) with a dropdown menu showing "Общая смертность" (General Mortality); "Период:" (Period) with a dropdown menu showing "1 год" (1 year); and "Модель:" (Model) with a dropdown menu showing "Dense".

Рисунок 25 – Левая панель окна с режимом отображения «Прогноз»

Для нейросетевых моделей предусмотрена возможность тонкой настройки гиперпараметров через специализированное диалоговое окно, представленное на рисунке 26, вызываемое по нажатию кнопки в нижней панели окна приложения с левой стороны при выборе соответствующей модели. Это окно позволяет изменять параметры обучения и архитектуры сети, также предоставляя опцию возврата к настройкам по умолчанию.

Настройки модели Dense

Параметры для модели: Dense

Количество слоев:
2

Нейрон
64

Количество скрытых слоёв.
Больше слоёв = сложнее закономерности,
но возможно переобучение.

Функция активации:
relu

Скорость обучения:
0.001

Вероятность отсева (Dropout):

По умолчанию Применить

Рисунок 26 – Диалоговое окно настроек гиперпараметров

После выбора всех необходимых параметров, нажатие кнопки «Запуск» инициирует процесс генерации прогноза. Система, учитывая текущие фильтры и актуальные гиперпараметры, автоматически определяет, следует ли загрузить ранее обученную и сохраненную модель, или же необходимо запустить процесс обучения новой модели. Если для данной комбинации параметров модель ещё не была обучена ранее, после обучения она сохраняется в виде файла в специальной директории моделей. При последующих запусках с идентичными настройками система обнаруживает этот сохраненный файл и загрузит уже готовую модель, что позволяет мгновенно перейти к генерации прогноза, минуя длительный этап обучения.

Для управления как сохраненными моделями, так и другими общими параметрами приложения, предусмотрено отдельное диалоговое окно «Настройки», представленное на рисунке 27. В этом окне, помимо прочего, пользователь может изменить размер основного окна программы, выбрав одно из предустановленных значений с помощью слайдера. Здесь же реализована функция «Очистка моделей», которая позволяет удалить все ранее сохраненные файлы моделей из директории.

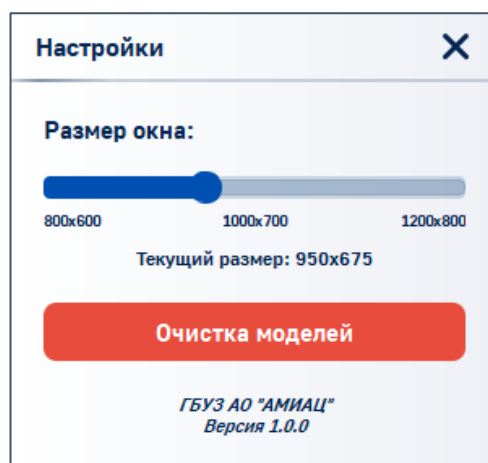


Рисунок 27 – Диалоговое окно настроек программы

Основным элементом для представления результатов прогнозирования в интерфейсе приложения является интерактивный график, как представлено на рисунке 28. После завершения расчетов он отображается в правой части главного окна. График, создаваемый с помощью специализированного виджета и библиотеки Matplotlib, наглядно разделяет исторические данные и спрогнозированные значения. Для удобства визуального анализа тренда, исторические данные представлены двумя способами: фоном отображаются ежедневные точки (полупрозрачные маркеры), а поверх них прорисовывается более четкая линия среднемесячных значений. Среднемесячная линия служит исключительно для визуального удобства и сглаживания шума; все расчеты и прогнозирование выполняются на основе исходных ежедневных данных.

График обладает высокой степенью интерактивности. При наведении курсора на любую его область появляются вертикальная и горизонтальная линии-указатели, точно позиционирующие выбранную точку. Одновременно с этим, в специальной информационной строке под графиком отображаются точная дата и соответствующее ей ежедневное значение показателя для точки, на которую наведен курсор.

Непосредственно под панелью управления фильтрами в левой части окна, после построения прогноза, отображается блок с показателями качества использованной модели. Этот блок предоставляет пользователю быструю оценку надежности полученного прогноза на основе стандартных метрик, рассчитанных

на тестовой части исторических данных в процессе обучения. В блоке выводятся ключевые показатели, такие как точность прогноза (средняя абсолютная ошибка) и качество модели (коэффициент детерминации), а также дается общая текстовая оценка качества модели.

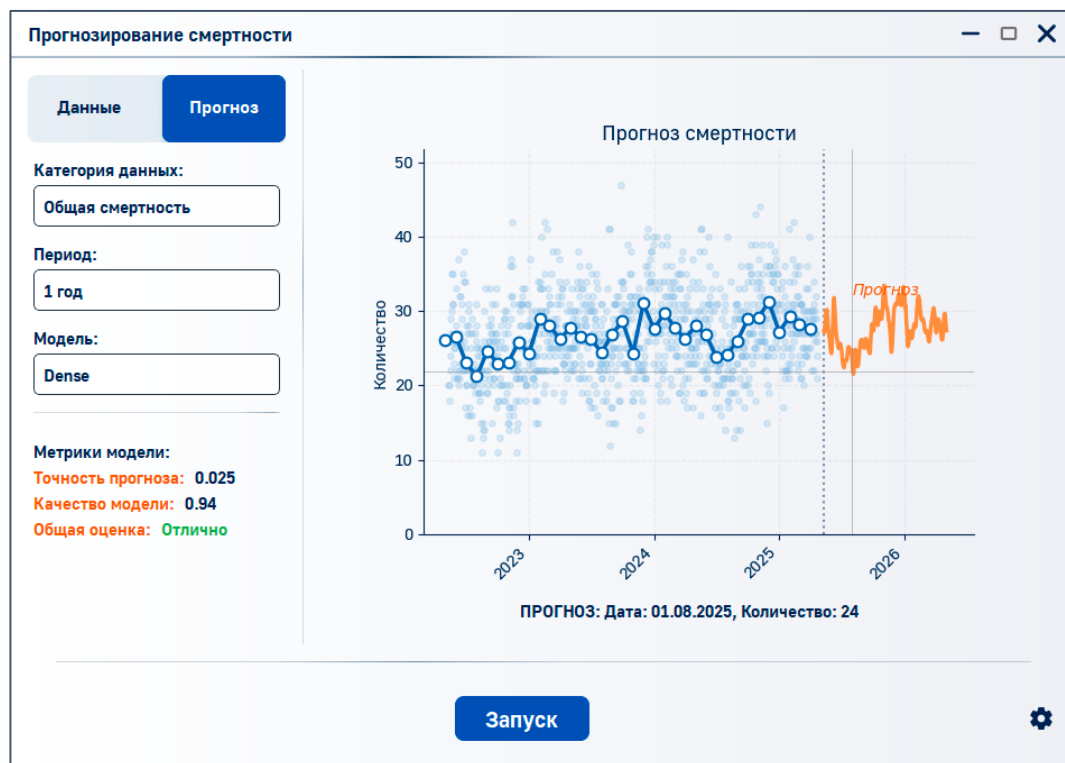


Рисунок 28 – Визуализация результатов прогнозирования

Помимо визуализации непосредственно в окне программы, система также обеспечивает возможность сохранения детализированного отчета по результатам каждого выполненного прогноза. После успешного расчета автоматически формируется файл в формате Microsoft Excel, который сохраняется в специальную директорию отчетов. Этот отчет, создаваемый соответствующим модулем, содержит исчерпывающую информацию: метаданные о параметрах запуска, рассчитанные показатели качества модели с их краткой интерпретацией, а также статическое изображение графика. Пример структуры такого отчета и встроенного графика показаны на рисунках 29 и 30.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ		
ИНФОРМАЦИЯ О ПРОГНОЗЕ		
Параметр	Значение	
Дата создания	03.05.2025 12:30	
Модель прогнозирования	Dense	
Период прогноза	1 год	
Возрастная группа	Всего	
ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ		
Метрика	Значение	Интерпретация
R² (коэффициент детерминации)	0,94	Отличное качество
MAE (средняя абсолютная ошибка)	0,025308	Средняя величина ошибки
MSE (среднеквадратичная ошибка)	0,000878	Квадрат средней величины ошибки
RMSE (корень из среднеквадратичной ошибки)	0,029630	Стандартное отклонение ошибки

Рисунок 29 – Пример структуры аналитического отчета в Excel

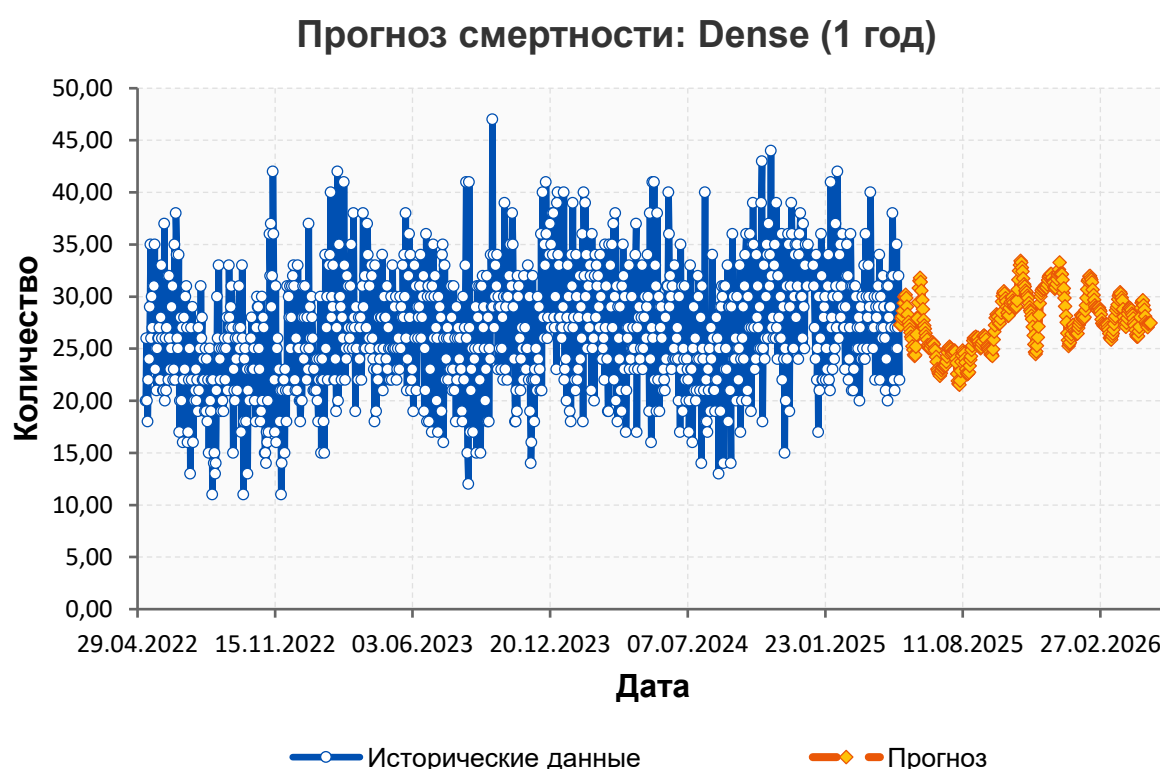


Рисунок 30 – Пример графика, встраиваемого в Excel-отчет

Представленные элементы пользовательского интерфейса – от интерактивных графиков до структурированных отчетов – обеспечивают комплексное представление результатов прогнозирования.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

4.1 Безопасность

Обеспечение безопасности пользователей при работе с разработанной системой прогнозирования смертности охватывает как соблюдение требований к организации рабочего места и производственной среде, так и учет эргономических характеристик самого программного интерфейса. Важно создать условия, минимизирующие риски для здоровья сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ» при выполнении ими задач по анализу и прогнозированию.

4.1.1 Безопасность рабочего места

Эффективная и безопасная работа с системой прогнозирования требует пристального внимания к организации рабочего пространства и параметрам производственной среды. Условия труда сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ» должны строго соответствовать требованиям Трудового кодекса Российской Федерации, а также актуальным гигиеническим нормативам и санитарным правилам. Ключевым документом, регламентирующим факторы среды обитания, является Сан-ПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Кроме того, при организации рабочих мест необходимо руководствоваться Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. N 774н «Об утверждении общих требований к организации безопасного рабочего места».

Для сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ», чья работа преимущественно сидячая и связана с интенсивной умственной деятельностью (категория Ia), поддержание оптимального микроклимата в кабинетах является критически важным. Стабильная температура, влажность и скорость движения воздуха способствуют концентрации внимания и снижают утомляемость при работе с системой прогнозирования. Рекомендуемые параметры представлены в таблице 16. Для контроля и поддержания этих параметров в помещениях ГБУЗ АО «АМИАЦ» целесообразно использование современных систем кондиционирования и увлажнения воздуха.

Таблица 16 – Оптимальные параметры микроклимата (согласно СанПиН 1.2.3685-21)

Параметр	Холодный период года	Теплый период года
Температура воздуха, °С	22 – 24	23 – 25
Относительная влажность воздуха, %	40 – 60	40 – 60
Скорость движения воздуха, м/с, не более	0.1	0.1

Работа с системой прогнозирования в ГБУЗ АО «АМИАЦ» предполагает длительный анализ графиков, таблиц и отчетов на экране монитора. Поэтому правильная организация освещения имеет первостепенное значение для профилактики зрительного утомления. Рекомендуется максимальное использование естественного света, для чего рабочие столы аналитиков должны быть размещены так, чтобы свет падал сбоку, преимущественно слева. Искусственное освещение должно быть комбинированным (общее и местное, при необходимости), обеспечивать равномерную освещенность без резких теней и бликов. Нормы освещенности для сотрудников, работающих с ПЭВМ, приведены в таблице 17. Таблица 17 – Нормы освещенности на рабочих местах (согласно СП 52.13330.2016)

Характеристика освещения	Значение, лк
Освещенность на поверхности стола (клавиатура, документы)	300 – 500
Освещенность экрана монитора (не более)	300
Коэффициент естественной освещенности (КЕО), не менее	1.5%

Современные моноблоки, используемые в ГБУЗ АО «АМИАЦ» для работы аналитиков, как правило, характеризуются низким уровнем собственного шума. Однако, необходимо контролировать общий шумовой фон в рабочих помещениях, который может создаваться другой оргтехникой (принтеры, МФУ), системами вентиляции или внешними источниками. Согласно СанПиН 1.2.3685-21,

для офисных помещений, где осуществляется работа с ПЭВМ, требующая сосредоточения внимания (что характерно для анализа данных и прогнозирования), эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА. Размещение шумного оборудования (например, серверного или мощных принтеров) рекомендуется в отдельных, звукоизолированных помещениях.

Оборудование и мебель на рабочем месте аналитика ГБУЗ АО «АМИАЦ» должны быть эргономичными для обеспечения комфорта и предотвращения профессиональных заболеваний.

Для детального анализа данных и графиков прогнозов необходим качественный монитор. В ГБУЗ АО «АМИАЦ» рекомендуется использовать мониторы с диагональю не менее 23-24 дюймов, разрешением Full HD (1920x1080) или выше, и обязательно с матовым антибликовым покрытием. Возможность регулировки высоты, наклона и поворота экрана критична для индивидуальной настройки под каждого сотрудника. Верхний край активной области экрана должен располагаться на уровне глаз или немного ниже, а расстояние до экрана должно составлять 60-70 см.

Следует использовать полноразмерные клавиатуры с четким тактильным откликом и стандартной раскладкой. Мышь должна соответствовать размеру руки аналитика и типу хвата, предпочтительны модели с возможностью настройки чувствительности. Использование ковриков для мыши с гелевой подушкой под запястье может снизить нагрузку.

Столы аналитиков в «АМИАЦ» должны обеспечивать достаточную площадь для размещения монитора (или двух мониторов для повышения продуктивности), клавиатуры, мыши, рабочих документов и предоставлять свободное пространство для рук. Рекомендуемая глубина стола – не менее 80 см, ширина – не менее 120-140 см. Поверхность стола должна быть матовой, светлых тонов.

Сотрудники проводят большую часть времени сидя, поэтому кресло должно быть эргономичным, с регулировкой высоты сиденья (в диапазоне 40-55 см), высоты и угла наклона спинки, высоты подлокотников. Наличие

поясничного валика и механизма качания будет дополнительным преимуществом. Обивка должна быть из дышащих материалов.

Аналитическая работа с системой прогнозирования смертности требует высокой концентрации внимания и связана со значительной зрительной и умственной нагрузкой. Для сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ» крайне важно соблюдение регламентированных перерывов. Для данной категории работ (группа В по степени напряженности труда при работе с ПЭВМ), суммарное время перерывов должно составлять 50-90 минут за 8-часовую рабочую смену. Рекомендуется устанавливать короткие перерывы по 10-15 минут через каждый час работы.

4.1.2 Эргономика и безопасность интерфейса

Помимо физических аспектов рабочего места, ключевую роль в обеспечении безопасности и комфорта сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ» при работе с системой прогнозирования смертности играет эргономика самого программного интерфейса. Продуманный дизайн интерфейса направлен на снижение когнитивной нагрузки, минимизацию вероятности ошибок оператора и предотвращение зрительного утомления при длительной работе с данными и моделями. При проектировании интерфейса были учтены принципы, изложенные в ГОСТ Р ИСО 9241-161-2016 «Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 161. Элементы графического пользовательского интерфейса».

Структура главного окна приложения организована по принципу логического зонирования, что является основой эргономичного дизайна. Основное рабочее пространство разделено на две ключевые области: левую панель управления и правую панель отображения информации. Такое разделение помогает пользователю интуитивно находить нужные элементы и концентрироваться на выполняемой задаче.

Левая панель содержит основные элементы навигации – кнопки-переключатели режимов, а также контекстно-зависимые элементы управления, соответствующие выбранному режиму. Это обеспечивает предсказуемость интерфейса и снижает время на поиск нужной функции. Кнопки выполнения основных

действий расположены в нижней части окна, следуя общепринятым стандартам размещения элементов управления.

Правая панель предназначена для отображения основного контента: таблиц с данными, сводного агрегированного отчета или интерактивного графика прогноза. Фокусировка основного контента в одной большой области снижает необходимость перемещения взгляда и помогает пользователю сосредоточиться на анализе информации.

Использование модальных диалоговых окон для специфических задач, таких как аутентификация пользователя, настройка гиперпараметров моделей или доступ к общим настройкам приложения, позволяет избежать перегрузки основного интерфейса. Вынесение редко используемых или сложных настроек в отдельные окна упрощает основной рабочий процесс и предотвращает случайные изменения критически важных параметров.

Визуальное оформление интерфейса также играет значительную роль в снижении зрительного утомления. В системе используется шрифт «Golos», относящийся к классу современных гротесков, известных своей высокой читаемостью на цифровых дисплеях. Размеры шрифта для различных элементов интерфейса подобраны так, чтобы обеспечить комфортное считывание без напряжения глаз, придерживаясь общих рекомендаций по использованию кегля не менее 12 – 14 пунктов для основного текста и меток.

Цветовая схема построена на использовании преимущественно спокойных, нейтральных тонов для фона и панелей, что снижает зрительную нагрузку при длительной работе. Акцентный синий цвет применяется для интерактивных элементов и отображения исторических данных на графике, обеспечивая хорошую различимость и ассоциируясь со стабильностью. Для линии прогноза используется оранжевый цвет, создающий необходимый контраст и привлекающий внимание к результатам моделирования. Важно, что избегаются агрессивные и утомительные для глаз цветовые сочетания. Для индикации ошибок, например, при неверном вводе пароля, используется стандартный красный цвет, что обеспечивает интуитивно понятную обратную связь пользователю.

Интерфейс системы ориентирован на сотрудников ГБУЗ АО «АМИАЦ», специалистов в области медицинской статистики. Интуитивная понятность достигается за счет четкого разделения функциональности по режимам, использования профессионально-ориентированной терминологии, а также предоставления визуальной обратной связи на действия пользователя (изменение состояния кнопок, обновление отображаемых данных и графиков). Интерактивность основного элемента визуализации – графика прогноза, позволяющая получать точные значения при наведении курсора, – существенно повышает удобство анализа результатов. Представление данных в графическом виде само по себе является эргономичным решением, упрощая восприятие сложных временных тенденций.

Логическая сложность взаимодействия с системой минимизирована за счет последовательного представления задач. В режиме «Данные» пользователь выбирает объект (таблицу) и затем применяет к нему действие. В режиме «Прогноз» параметры выбираются последовательно с помощью стандартных элементов управления (выпадающих списков), что направляет пользователя и снижает риск пропуска шага или выбора неверной комбинации. Сложные настройки изолированы, не мешая выполнению типовых задач прогнозирования с параметрами по умолчанию, для которого требуется минимальное количество действий: выбор категории, периода, модели и нажатие кнопки «Запуск».

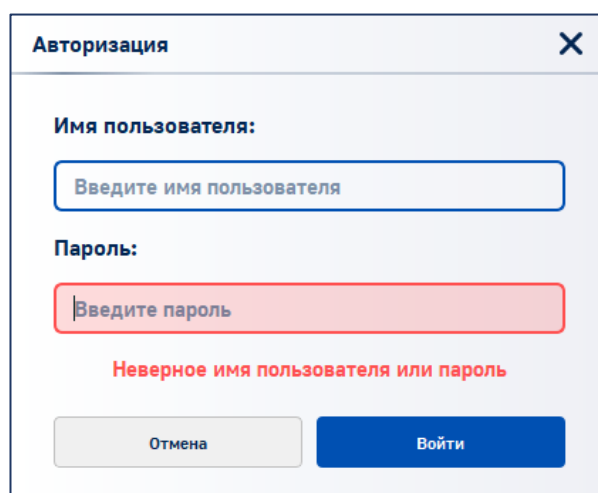
В целом, интерфейс системы прогнозирования смертности спроектирован с учетом эргономических требований, направленных на снижение когнитивной и зрительной нагрузки, повышение эффективности работы и минимизацию ошибок пользователя при решении аналитических задач.

4.1.3 Информационная безопасность и защита от ошибок

Работа с данными медицинской статистики, даже агрегированными, требует ответственного подхода к обеспечению конфиденциальности и целостности информации, а также минимизации рисков, связанных с непреднамеренными ошибками пользователя. В разработанной системе прогнозирования смертности реализованы механизмы для решения этих задач.

Для предотвращения несанкционированного доступа к данным и функциям системы реализован механизм аутентификации. При запуске приложения первоочередно отображается диалоговое окно авторизации, требующее от пользователя ввода имени пользователя и пароля. Доступ к главному окну и основным функциям программы предоставляется только после успешного подтверждения личности.

Важным аспектом обеспечения безопасности является защита учетных данных. Пароли пользователей не хранятся в открытом виде. Вместо этого используется метод криптографического хеширования. Это означает, что в системе сохраняется не сам пароль, а его необратимое математическое преобразование (хеш). При вводе пароля система вычисляет его хеш и сравнивает с сохраненным значением. Такой подход значительно затрудняет подбор или кражу паролей, так как восстановить исходный пароль из хеша практически невозможно. В случае ввода неверных учетных данных система выводит соответствующее сообщение об ошибке и не предоставляет доступ, как показано на рисунке 31.



The image shows a dialog box titled "Авторизация" (Authorization) with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there are two input fields. The first is labeled "Имя пользователя:" (Username:) and contains the placeholder text "Введите имя пользователя" (Enter username). The second is labeled "Пароль:" (Password:) and contains the placeholder text "Введите пароль" (Enter password). Below these fields, a red error message is displayed: "Неверное имя пользователя или пароль" (Incorrect username or password). At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Отмена" (Cancel) on the left and "Войти" (Login) on the right.

Рисунок 31 – Окно авторизации с отображением сообщения о неудачной авторизации

В процессе работы с данными и моделями пользователь может совершать ошибки. Система включает ряд элементов, направленных на их предотвращение или смягчение последствий.

В режиме «Прогноз» выбор ключевых параметров осуществляется через выпадающие списки. Это ограничивает ввод только допустимыми значениями и предотвращает ошибки, связанные с опечатками или выбором несовместимых опций.

Операции, которые могут привести к потере данных или необратимым изменениям, требуют дополнительного подтверждения. Например, перед удалением записей из БД, система должна запрашивать подтверждение пользователя, как показано на рисунке 32. Это снижает риск случайной потери важной информации или результатов длительного процесса обучения моделей.

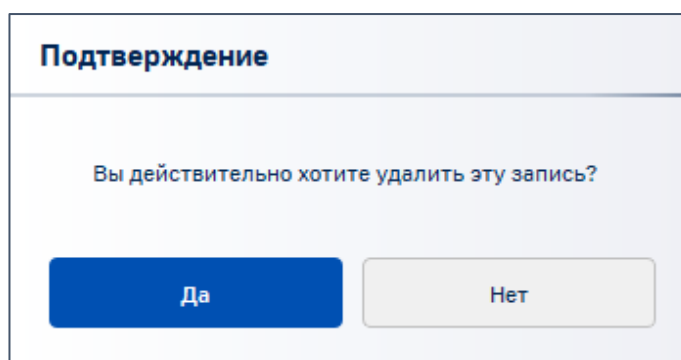


Рисунок 32 – Диалоговое окно с подтверждением действия на удаление записи

Система предоставляет пользователю обратную связь не только об успешных операциях, но и об ошибках. Четкие сообщения об ошибках помогают пользователю понять причину проблемы и скорректировать свои действия.

Для сложных конфигураций, таких как настройка гиперпараметров нейросетевых моделей, предусмотрена возможность быстрого возврата к стандартным, проверенным значениям. Это позволяет пользователю экспериментировать с настройками, не опасаясь необратимо нарушить работоспособность модели.

Реализованные меры безопасности доступа и защиты от ошибок пользователя способствуют надежной и корректной работе с системой прогнозирования смертности в условиях реальной эксплуатации в ГБУЗ АО «АМИАЦ».

4.2 Экологичность

4.2.1 Минимизация прямого воздействия программного продукта

Современные требования к разработке и эксплуатации информационных систем включают не только аспекты функциональности и безопасности, но и оценку их воздействия на окружающую среду. Хотя программный продукт сам по себе является нематериальным объектом, его использование неразрывно связано с работой аппаратных средств и может иметь косвенное влияние на экологию.

Прямое воздействие разработанной системы прогнозирования смертности на окружающую среду минимально. Программа не производит физических отходов или выбросов в процессе своей работы. Основное экологическое влияние на этапе эксплуатации связано с потреблением электроэнергии персональными компьютерами, на которых запускается система. Для снижения этого влияния важно применять практики энергосбережения. Современные операционные системы и аппаратное обеспечение предлагают пользователям ряд настроек, направленных на оптимизацию энергопотребления, как показано на рисунке 33.

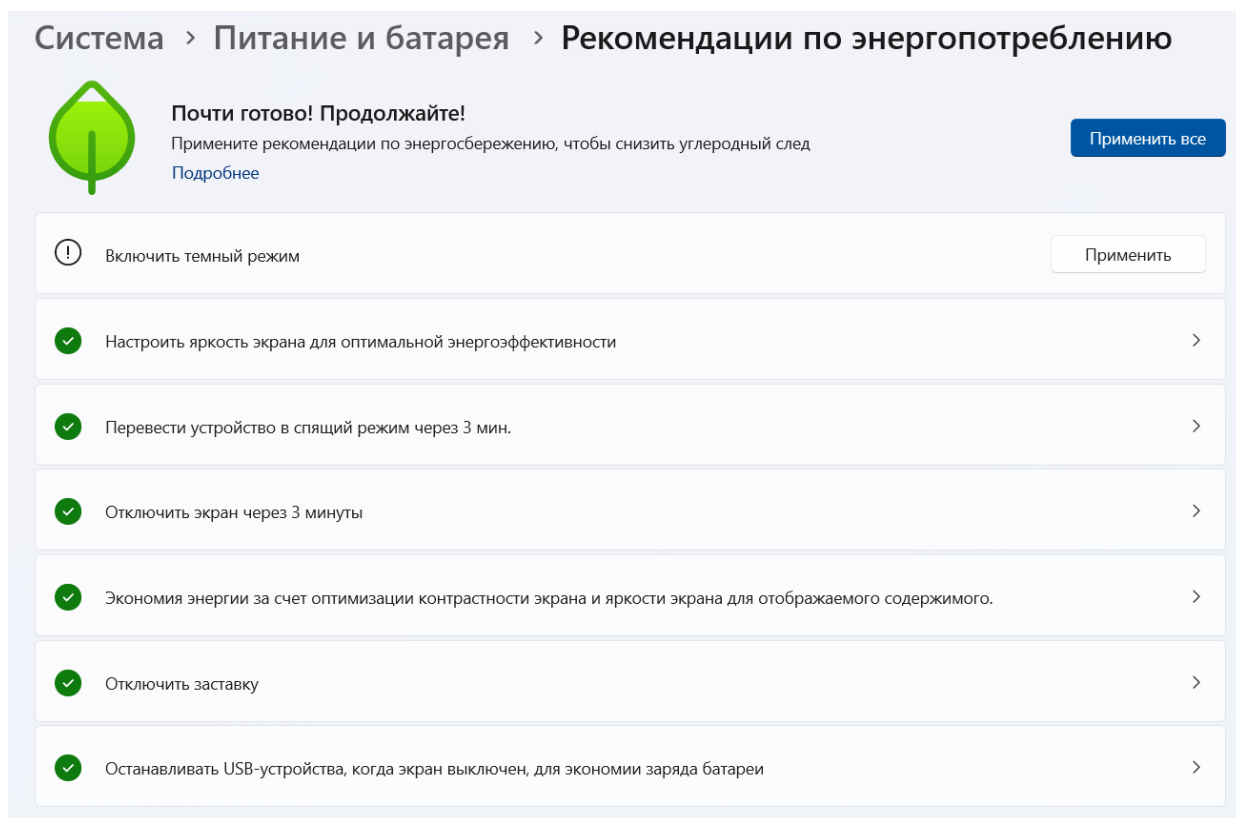


Рисунок 33 – Рекомендации по энергопотреблению Windows 11

Разработанная система прогнозирования спроектирована таким образом, чтобы корректно взаимодействовать с этими режимами энергосбережения. Она не препятствует переходу компьютера в спящий режим и не требует постоянной активной работы в фоновом режиме, когда аналитик не взаимодействует с программой напрямую.

Помимо автоматических настроек, важную роль играет и ответственное поведение самих сотрудников «АМИАЦ». Рекомендуется выключать персональные компьютеры, моноблоки и все подключенные периферийные устройства, такие как мониторы и принтеры, по окончании рабочего дня. Также целесообразно отключать оборудование при планируемом длительном отсутствии на рабочем месте в течение дня. Эти простые действия, ставшие частью ежедневной практики, способствуют общему снижению энергопотребления в учреждении.

4.2.2 Снижение потребления расходных материалов

Внедрение и планомерное использование разработанной системы прогнозирования смертности в повседневной деятельности ГБУЗ АО «АМИАЦ» открывает значительные возможности для сокращения потребления одного из основных офисных расходных материалов – бумаги. Это достигается за счет функционала системы, ориентированного на работу с информацией в электронном виде.

Система предоставляет аналитикам инструменты для формирования детализированных отчетов, включающих как результаты прогнозов, так и метрики оценки качества построенных моделей. Важно, что эти отчеты могут быть экспортированы в распространенные электронные форматы, например, Microsoft Excel. Такой подход позволяет хранить, передавать и анализировать отчетность без необходимости ее физической распечатки.

Кроме того, мощные возможности визуализации данных непосредственно в интерфейсе программы существенно снижают потребность в печати промежуточных графиков и диаграмм. Аналитики ГБУЗ АО «АМИАЦ» могут интерактивно исследовать динамику показателей смертности, изучать тренды и результаты прогнозирования на экране монитора, что делает процесс анализа более гибким и оперативным, одновременно экономя бумагу.

Переход на преимущественно электронный формат работы с аналитическими данными и результатами прогнозирования в рамках ГБУЗ АО «АМИАЦ» несет в себе очевидные экологические преимущества. Сокращение объемов бумажной документации напрямую ведет к уменьшению нагрузки на лесные ресурсы, являющиеся источником сырья для производства бумаги.

Параллельно с этим, уменьшается и количество образующихся бумажных отходов, что снижает затраты учреждения на их вывоз и утилизацию, а также уменьшает объем отходов, направляемых на полигоны. Таким образом, система прогнозирования, помимо своих прямых аналитических функций, косвенно способствует более рациональному использованию ресурсов и улучшению экологических показателей деятельности ГБУЗ АО «АМИАЦ».

4.2.3 Обращение с отходами оборудования

Эксплуатация системы прогнозирования смертности в ГБУЗ АО «АМИАЦ» неразрывно связана с использованием широкого спектра электронного и электрического оборудования. Персональные компьютеры, моноблоки, мониторы, принтеры, многофункциональные устройства и другая офисная техника, необходимая для работы аналитиков, имеют ограниченный срок службы. По истечении этого срока или в случае выхода из строя данное оборудование переходит в категорию отходов электронного и электрического оборудования (ОЭЭО).

ОЭЭО представляют собой сложную смесь материалов, включающую как ценные компоненты, пригодные для вторичной переработки (например, драгоценные и цветные металлы), так и потенциально опасные вещества. К последним относятся тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий), а также различные химические соединения, содержащиеся в пластике и электронных платах, такие как антипирены. Неправильная утилизация ОЭЭО, например, их выброс вместе с обычными твердыми коммунальными отходами, может привести к загрязнению окружающей среды и нанести вред здоровью человека.

В Российской Федерации обращение с ОЭЭО строго регламентируется, особенно для юридических лиц, каким является ГБУЗ АО «АМИАЦ».

Основополагающим документом в этой сфере выступает Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». Данный закон и сопутствующие ему нормативно-правовые акты устанавливают четкие требования к обращению с отходами различных классов опасности. Большинство видов ОЭЭО относятся к III-IV классам опасности.

В соответствии с действующим законодательством, ГБУЗ АО «АМИАЦ» несет ответственность за организацию всего цикла обращения со списанной оргтехникой. Это включает обеспечение ее сбора, накопления, последующей транспортировки и передачи на утилизацию или обезвреживание. Важно подчеркнуть, что деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов I-IV классов опасности подлежит обязательному лицензированию.

Исходя из этих требований, ГБУЗ АО «АМИАЦ» должно внедрить и поддерживать следующую систему обращения с ОЭЭО:

Во-первых, необходимо организовать отдельный сбор списанного электронного и электрического оборудования. В помещениях «АМИАЦ» должно быть выделено специальное, четко обозначенное место или отдельное помещение для временного накопления таких отходов. Это место должно быть защищено от несанкционированного доступа и атмосферных воздействий, чтобы предотвратить возможное загрязнение и обеспечить сохранность оборудования до момента его вывоза.

Во-вторых, учреждение обязано вести строгий учет всех образующихся ОЭЭО. Это включает фиксацию наименования оборудования, его инвентарных номеров (если применимо), количества и даты списания. Такой учет необходим как для внутреннего контроля, так и для отчетности перед надзорными органами.

В-третьих, и это наиболее важный аспект, ГБУЗ АО «АМИАЦ» должно заключить договор на утилизацию (или передачу на утилизацию/обезвреживание) списанной оргтехники исключительно со специализированной организацией. Такая организация должна обладать действующей лицензией на осуществление деятельности по обращению с отходами соответствующих классов опасности.

Самостоятельная утилизация, разборка на компоненты силами сотрудников «АМИАЦ» или выброс ОЭЭО на контейнерные площадки для ТКО категорически запрещены и являются нарушением законодательства.

Соблюдение этих правил не только обеспечит выполнение ГБУЗ АО «АМИАЦ» требований законодательства и позволит избежать штрафных санкций, но и внесет вклад в рациональное использование ресурсов за счет возможной переработки ценных компонентов ОЭЭО, а также предотвратит загрязнение окружающей среды опасными веществами.

4.3 Чрезвычайные ситуации

Обеспечение безопасности сотрудников и сохранности материальных ценностей, включая серверное оборудование и рабочие станции, на которых функционирует система прогнозирования смертности, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) является неотъемлемой частью общей системы безопасности ГБУЗ АО «АМИАЦ». Учитывая специфику учреждения как офисного здания с концентрацией электронного оборудования и архивной документации, наиболее вероятными ЧС являются пожары и аварии в системах жизнеобеспечения.

Пожар представляет одну из наиболее серьезных угроз для любого офисного здания, включая ГБУЗ АО «АМИАЦ». Возгорание может быть вызвано неисправностью электропроводки, коротким замыканием в оргтехнике, неосторожным обращением с огнем или другими факторами. Последствия пожара могут быть катастрофическими: угроза жизни и здоровью сотрудников, уничтожение дорогостоящего оборудования, на котором работает система прогнозирования, и потеря важных данных.

Меры по предупреждению пожаров в ГБУЗ АО «АМИАЦ» должны носить комплексный характер. Прежде всего, это строгое соблюдение правил пожарной безопасности всеми сотрудниками, что достигается регулярными инструктажами и наличием наглядной агитации, включая планы эвакуации и знаки пожарной безопасности. Важнейшим аспектом является поддержание исправности электрооборудования и электропроводки; для этого проводятся периодические

проверки, а любые ремонтные работы выполняются исключительно квалифицированным персоналом, при этом использование неисправных приборов и перегрузка сетей недопустимы.

Здание ГБУЗ АО «АМИАЦ» должно быть оснащено автоматической пожарной сигнализацией (АПС) и системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Эти системы, своевременно обнаруживающие очаг возгорания и организующие оповещение и эвакуацию, требуют регулярного технического обслуживания силами специализированных организаций. Не менее важны первичные средства пожаротушения: в легкодоступных местах необходимо разместить огнетушители, подходящие для тушения электрооборудования (углекислотные или порошковые), с актуальными сроками поверки, а сотрудники должны быть обучены правилам их использования. Наконец, пути эвакуации – коридоры, лестничные клетки и выходы – должны всегда оставаться свободными и не загромождаться, а двери эвакуационных выходов легко открываться изнутри.

Для обеспечения сохранности данных системы прогнозирования и другой критически важной информации, в ГБУЗ АО «АМИАЦ» должна быть внедрена система регулярного резервного копирования данных. Хранение резервных копий целесообразно организовать на удаленных физических носителях или в защищенном облачном хранилище, что минимизирует риск их одновременной потери с основными данными при ЧС.

Аварии в системах жизнеобеспечения, такие как прорыв систем отопления или водоснабжения, представляют собой другую значимую угрозу для ГБУЗ АО «АМИАЦ». Последствиями таких инцидентов могут стать затопление помещений, порча дорогостоящего аналитического оборудования и важной документации. Внезапное отключение электроэнергии, в свою очередь, способно парализовать работу отделов и привести к потере не сохраненных результатов работы с системой прогнозирования.

Меры по предупреждению и минимизации последствий аварий в «АМИАЦ» должны быть направлены на поддержание надежности инженерных систем и защиту оборудования. Первоочередной задачей является регулярное

техническое обслуживание всех инженерных коммуникаций здания: систем отопления, водоснабжения, канализации и электроснабжения, включая проведение планово-предупредительных ремонтов.

Следующим важным шагом становится защита оборудования от возможного затопления. Серверное оборудование и наиболее критичные рабочие станции аналитиков, на которых функционирует система прогнозирования, рекомендуется размещать таким образом, чтобы минимизировать риск их повреждения при локальных протечках – например, не устанавливать их непосредственно на полу, а использовать специальные подставки, серверные стойки или размещать на возвышении.

Наконец, ключевым аспектом выступает защита от сбоев электропитания является использование источников бесперебойного питания (ИБП). Важнейшие рабочие станции и серверное оборудование должны быть подключены через ИБП достаточной мощности, что позволит сотрудникам ГБУЗ АО «АМИАЦ» корректно завершить работу и сохранить все данные при кратковременных отключениях или скачках напряжения.

Регулярное проведение в ГБУЗ АО «АМИАЦ» практических учений и тренировок по действиям персонала в различных чрезвычайных ситуациях, включая пожары и коммунальные аварии, является залогом формирования у сотрудников необходимых навыков. Это позволит снизить вероятность панических реакций и обеспечит более слаженные и эффективные действия в случае реальной угрозы, что, в свою очередь, минимизирует возможный ущерб для здоровья людей, сохранности оборудования и целостности данных, обрабатываемых системой прогнозирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках настоящей бакалаврской работы была успешно решена актуальная задача по разработке специализированного программного инструмента прогнозирования смертности для ГБУЗ АО «АМИАЦ». Основой для создания системы послужили современные методы обработки данных и технологии машинного обучения, в частности, нейросетевые модели.

На предварительном этапе был проведен комплексный анализ предметной области, изучены особенности деятельности ГБУЗ АО «АМИАЦ» и существующие подходы к демографическому прогнозированию. Это позволило определить ключевые требования к системе и обосновать целесообразность ее разработки.

Процесс проектирования включал определение архитектуры ИАС, разработку структуры БД через этапы инфологического, логического и физического моделирования, а также выбор оптимального технологического стека для реализации.

Результатом проделанной работы стало создание функционального программного продукта. Разработанная система позволяет осуществлять импорт и обработку статистических данных, применять различные прогностические модели – от базовых до сложных нейросетевых архитектур, визуализировать динамику показателей и результаты прогнозов, а также формировать отчеты. Особое внимание было уделено обеспечению интуитивно понятного пользовательского интерфейса и надежности системы.

Созданный программный продукт представляет собой ценный инструмент для ГБУЗ АО «АМИАЦ», способствующий повышению качества анализа демографических процессов и обоснованности принятия управленческих решений в сфере регионального здравоохранения. Точное прогнозирование смертности имеет критическое значение для эффективного планирования ресурсов и разработки мер по улучшению общественного здоровья.

Таким образом, поставленная цель – разработка системы прогнозирования смертности – была достигнута.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1 О функционировании областного государственного учреждения здравоохранения «Амурский медицинский информационно-аналитический центр» : приказ Министерства здравоохранения Амурской области от 10 августа 2009 г. № 794.

2 Устав Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Амурской области «Амурский медицинский информационно-аналитический центр» : утв. приказом министерства здравоохранения Амурской обл. от 30 июня 2011 г. № 463 // Официальный сайт Амурского медицинского информационно-аналитического центра [Электронный ресурс]. URL: https://amiac.amurzdrav.ru/ftp/01_about/ustav.pdf (дата обращения: 02.03.2025).

3 Гусев А. В., Гаврилов В. А., Кузьмин П. А. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении. М. ИД «Менеджер здравоохранения», 2020. 200 с.

4 ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.

5 Сазерленд Дж. Scrum: революционный метод управления проектами. М. Манн, Иванов и Фербер, 2017. 288 с.

6 Орлов А. И. Информационно-аналитические системы : учебник для вузов. М. Издательство Юрайт, 2020. 320 с.

7 Фридман Дж., Хасты Т., Тибширани Р. Элементы статистического обучения: интеллектуальный анализ данных, логический вывод и прогнозирование. 2-е изд. М. ДМК Пресс, 2020. 768 с.

8 Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М. Вильямс, 2006. 1104 с.

9 Аггарвал Ч. Нейронные сети и глубокое обучение. Углубленный курс. М. Диалектика, 2021. 752 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Абрамов, С. А. Пользовательские интерфейсы информационных систем: проектирование и оценка / С. А. Абрамов, Е. Н. Ефимов. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 275 с.
- 2 Аггарвал, Ч. Нейронные сети и глубокое обучение. Углубленный курс / Ч. Аггарвал. – Москва : Диалектика, 2021. – 752 с.
- 3 Боресков, А. В. Разработка и анализ требований к программному обеспечению / А. В. Боресков. – Москва : ДМК Пресс, 2020. – 256 с.
- 4 Васильев, А. Н. Программирование на Python в примерах и задачах / А. Н. Васильев. – Москва : Эксмо, 2021. – 420 с.
- 5 Волков, А. Н. Информационно-аналитические системы в здравоохранении: проектирование и внедрение / А. Н. Волков, П. Д. Сергеев. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 315 с.
- 6 Гниденко, И. Г. Технология разработки программного обеспечения / И. Г. Гниденко, Ф. Ф. Павлов, Д. Ю. Федоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 248 с.
- 7 ГОСТ Р ИСО 9241-161-2016. Эргономика взаимодействия человек-система. Часть 161. Руководство по визуальному оформлению пользовательских интерфейсов : утв. и введен в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 28 октября 2016 г. № 1521-ст.
- 8 Гусев, А. В. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении / А. В. Гусев, В. А. Гаврилов, П. А. Кузьмин. – Москва : ИД «Менеджер здравоохранения», 2020. – 200 с.
- 9 Захаров, В. П. Медицинская информатика и статистика / В. П. Захаров, Г. С. Лебедев. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 512 с.
- 10 Иванова, Е. М. Agile-методологии в разработке программного обеспечения: Scrum и Kanban / Е. М. Иванова. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 210 с.

11 Кузин, А. В. Программирование на Python 3 в PyQt 5. Разработка приложений с графическим интерфейсом / А. В. Кузин, И. В. Демидов, А. В. Шкилёв. – Москва : ДМК Пресс, 2021. – 576 с.

12 Кузнецова, О. П. Нейронные сети и глубокое обучение для анализа временных рядов / О. П. Кузнецова. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 350 с.

13 Лутц, М. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. Том 1 / М. Лутц. – 5-е изд. – Санкт-Петербург : Диалектика, 2021. – 832 с.

14 Михайлов, С. В. Генерация и отбор признаков для моделей машинного обучения: практический подход / С. В. Михайлов. – Москва : Техносфера, 2022. – 240 с.

15 Мюллер, А. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными / А. Мюллер, С. Гвидо. – Москва : Диалектика, 2021. – 480 с.

16 Нестеров, С. А. Базы данных / С. А. Нестеров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 258 с.

17 Об отходах производства и потребления : Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ (последняя редакция).

18 Об утверждении общих требований к организации безопасного рабочего места : приказ Минтруда России от 29 октября 2021 г. № 774н : зарегистрирован в Минюсте РФ 25 ноября 2021 г. № 65987.

19 Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде : постановление Правительства РФ от 28 декабря 2020 г. № 2314.

20 Орлов, С. П. Технологии разработки информационно-аналитических систем в здравоохранении / С. П. Орлов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 310 с.

21 Петров, И. С. Методы машинного обучения для прогнозирования в медицине / И. С. Петров. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 280 с.

22 Рамальо, Л. Python. К вершинам мастерства / Л. Рамальо. – Москва : ДМК Пресс, 2021. – 880 с.

23 СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 2 : введен в действие с 01 марта 2021 г.

24 Сидоров, В. А. Python для анализа медицинских данных: практическое руководство / В. А. Сидоров, Д. Е. Козлов. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 402 с.

25 Соловьев, Р. А. Масштабирование данных и нормализация в задачах предиктивного анализа / Р. А. Соловьев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. – 180 с.

26 СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* : утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 07 ноября 2016 г. № 777/пр : введен в действие с 08 мая 2017 г.

27 Стружкин, Н. П. Базы данных: проектирование / Н. П. Стружкин, В. В. Годин. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 477 с.

28 Трудовой кодекс Российской Федерации : от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 07 апреля 2025 г.).

29 Федотов, А. А. Проектирование баз данных для медицинских информационных систем на примере SQLite / А. А. Федотов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2023. – 290 с.

30 Фридман, Дж. Элементы статистического обучения: интеллектуальный анализ данных, логический вывод и прогнозирование / Дж. Фридман, Т. Хастис, Р. Тибширани. – 2-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2020. – 768 с.

31 Хант, Дж. Визуализация данных на Python с помощью Matplotlib и Seaborn / Дж. Хант. – Москва : ДМК Пресс, 2021. – 368 с.

32 Чернышев, С. А. Основы программирования на Python / С. А. Чернышев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 349 с.

33 Чернышев, С. А. Принципы, паттерны и методологии разработки программного обеспечения / С. А. Чернышев. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 176 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Организационная структура и схемы документооборота



Рисунок А.1 – Организационная структура ГБУЗ АО «АМИАЦ»

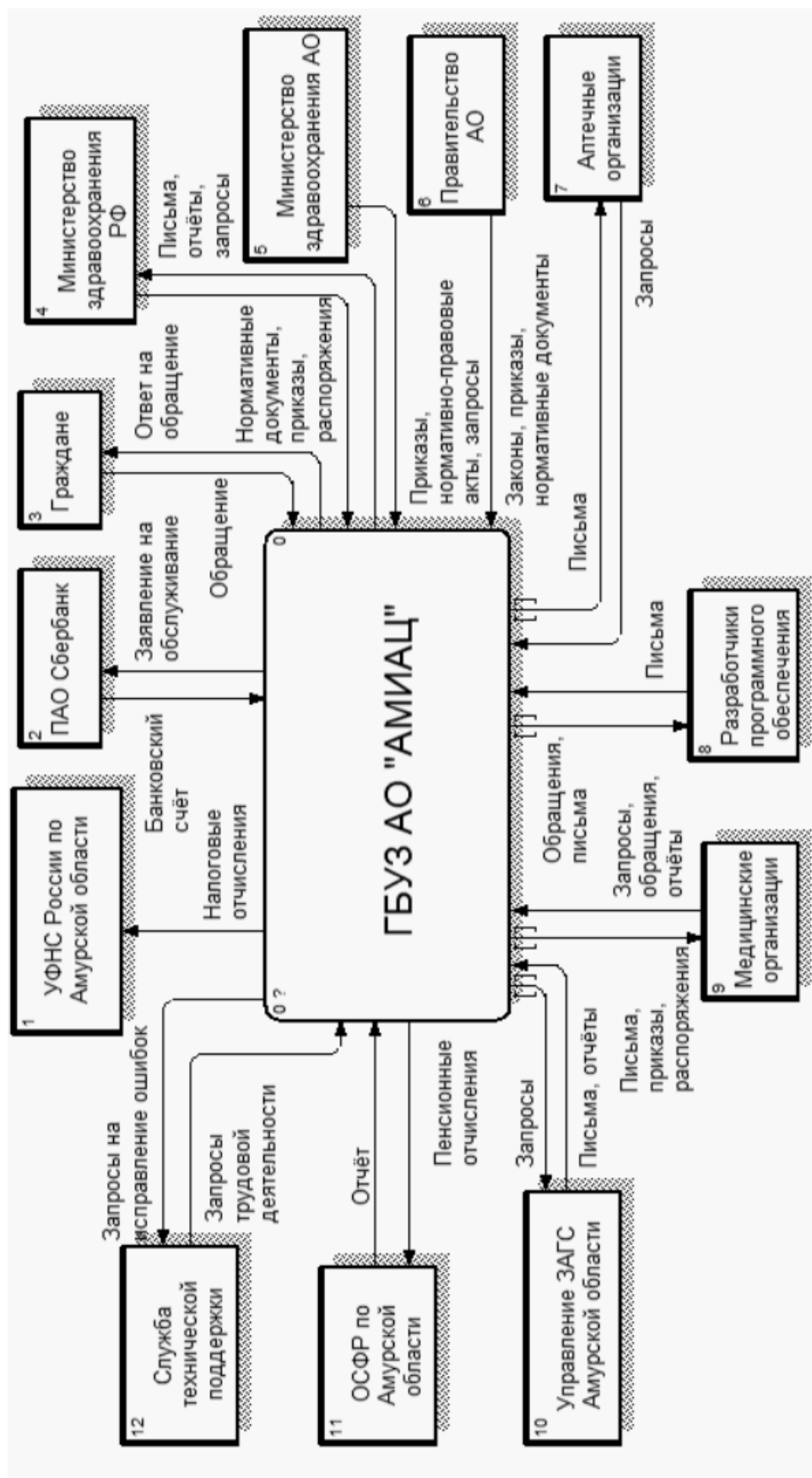


Рисунок А.2 – Внешний документооборот ГБУЗ АО «АМИАЦ»

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

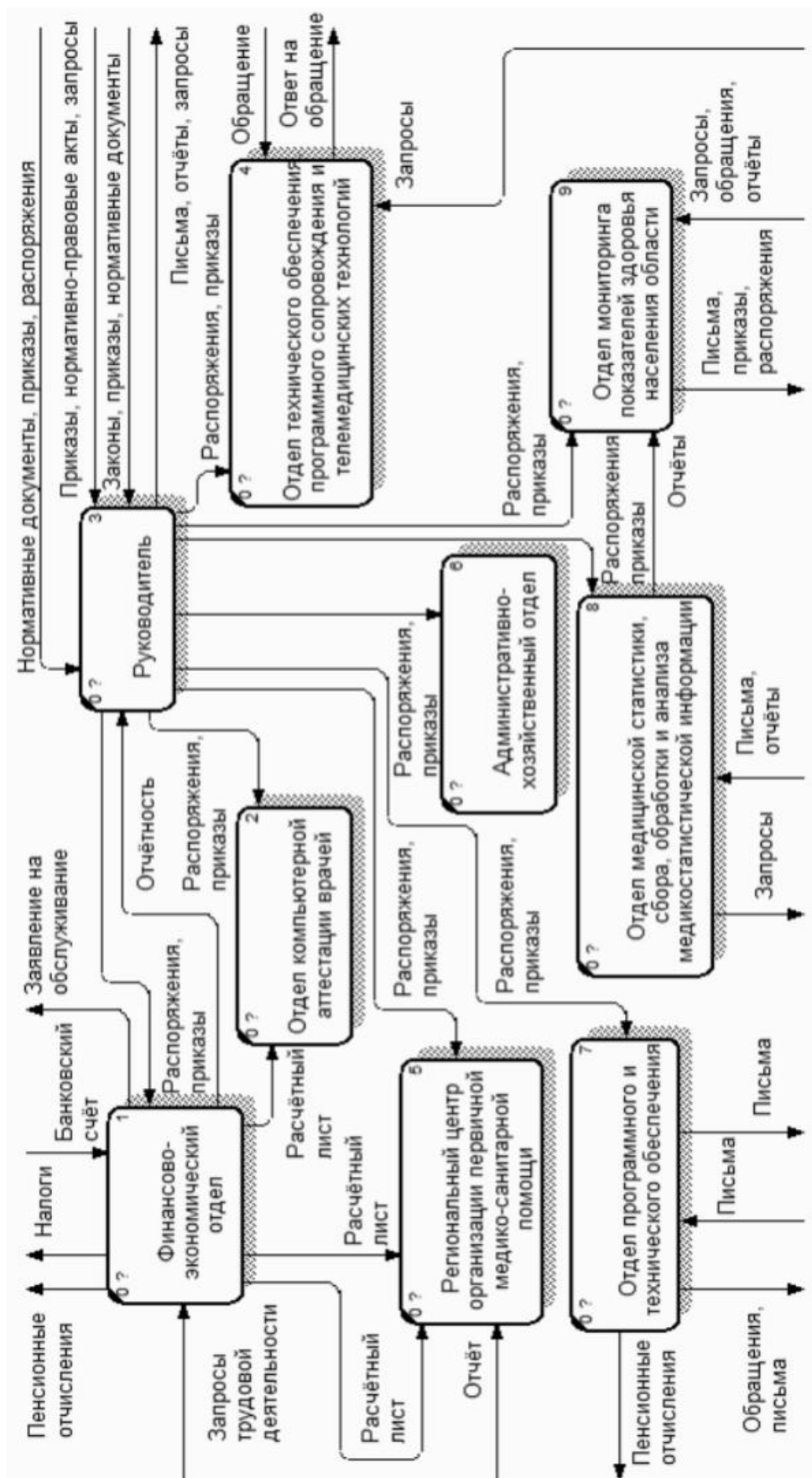


Рисунок А.3 – Внутренний документооборот ГБУЗ АО «АМИАЦ»

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Техническое задание

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Полное наименование системы

Информационно-аналитическая система для анализа и прогнозирования показателей смертности ГБУЗ АО «АМИАЦ».

1.2 Заказчик и разработчик системы

Заказчик: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Амурской области «Амурский медицинский информационно-аналитический центр».

Разработчик: студент группы 1103-об института компьютерных и инженерных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский государственный университет» (ФГБОУ ВО «АмГУ») – Самарин Александр Дмитриевич

1.3 Основание для разработки системы

Разработка системы выполняется на основании задания к выпускной квалификационной работе. Задание утверждено приказом ректора ФГБОУ ВО «АмГУ» от 14.04.2025 № 980-уч.

1.4 Плановые сроки начала и окончания работы

Начало разработки: 20 февраля 2025 г.

Окончание разработки: 1 июня 2025 г.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

2.1 Назначение системы

Система прогнозирования смертности предназначена для анализа и прогнозирования динамики показателей смертности населения Амурской области. Система должна предоставлять сотрудникам ГБУЗ АО «АМИАЦ» инструмент для построения краткосрочных и среднесрочных прогнозов на основе исторических данных, выявления тенденций и поддержки принятия обоснованных управленческих решений в сфере регионального здравоохранения. Система также

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

призвана способствовать аналитической работе в рамках достижения целей национального проекта «Продолжительная и активная жизнь».

2.2 Цели создания системы

Основная цель: повышение эффективности аналитической деятельности ГБУЗ АО «АМИАЦ» за счет предоставления современного инструмента для прогнозирования показателей смертности.

Задачи для достижения цели:

- разработка программного обеспечения, способного выполнять хранение и структурирование статистических данных о смертности из существующих источников (система МедСС);
- реализация механизмов предварительной обработки данных, включая агрегацию, генерацию производных признаков (временных, лаговых, скользящих статистик) и масштабирование;
- интеграция и обеспечение возможности применения различных моделей прогнозирования, включая базовые статистические методы (Baseline, Линейная регрессия) и современные нейросетевые архитектуры (Dense, CNN, LSTM);
- создание интуитивно понятного графического пользовательского интерфейса для взаимодействия с системой, включая выбор параметров анализа, настройку моделей и визуализацию результатов;
- обеспечение возможности автоматического обучения и сохранения моделей для последующего использования;
- реализация функции наглядного представления исторических данных и результатов прогнозирования в виде интерактивных графиков;
- предоставление средств для оценки качества построенных моделей прогнозирования на основе стандартных метрик;
- обеспечение возможности экспорта детализированных отчетов о результатах прогнозирования в распространенные форматы для дальнейшего использования и документирования.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

3 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

3.1 Требования к системе в целом

3.1.1 Требования к структуре и функционированию системы

Система должна:

- быть реализована на языке программирования Python с использованием СУБД SQLite;
- обеспечивать обработку и анализ данных о смертности для последующего прогнозирования;
- поддерживать работу одного пользователя на локальном ПК;
- иметь понятный и удобный графический пользовательский интерфейс.

3.1.2 Требования к численности и квалификации персонала

Для работы с системой предполагается один пользователь – сотрудник ГБУЗ АО «АМИАЦ» (аналитик), изучивший руководство пользователя. Пользователь должен обладать базовыми навыками работы с ПК и пониманием предметной области (медицинская статистика, демография). Опыт работы с системами анализа данных или статистическими пакетами является желательным, но не обязательным.

3.1.3 Требования к надежности

Система должна обеспечивать:

- работу без сбоев и потери данных при корректном использовании и соблюдении условий эксплуатации;
- целостность и сохранность данных, хранящихся в локальной БД;
- корректную обработку возможных ошибок пользовательского ввода (например, выбор несовместимых параметров) и предоставление информативных сообщений.

3.1.4 Требования к безопасности

Система должна обеспечить:

- защиту доступа к системе посредством механизма аутентификации (логин/пароль);

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

- хранение паролей пользователей в хешированном виде.

3.1.5 Требования к условиям эксплуатации

Для обеспечения работоспособности системы рекомендуется:

- использование актуальных версий операционной системы и необходимых библиотек Python;
- регулярное резервное копирование БД пользователем.

3.2 Требования к функциям, выполняемые системой

ИАС для анализа и прогнозирования показателей смертности должна выполнять основные функции.

- обеспечение защищенного входа в систему по имени пользователя и паролю;
- импорт исходных данных о случаях смерти из внешних источников;
- структурированное хранение данных в локальной реляционной БД;
- предоставление интерфейса для просмотра и редактирования записей в таблицах БД;
- автоматическое формирование и сохранение сводного агрегированного отчета по показателям смертности;
- выбор категории данных для анализа и прогнозирования;
- выбор периода прогнозирования;
- выбор типа модели прогнозирования;
- автоматизированная подготовка данных для модели;
- автоматическое обучение модели или загрузка ранее обученной модели;
- настройка гиперпараметров нейросетевых моделей;
- генерация прогноза;
- отображение результатов прогнозирования в виде интерактивного графика;
- отображение метрик качества модели;
- автоматическое формирование и сохранение детализированного отчета в формате Microsoft Excel;

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

- очистка кеша обученных моделей.

3.2.1 Требования к организации входных данных

Входные данные должны поступать в систему в формате CSV-файлов, выгружаемых из системы МедСС, или аналогичных по структуре. Система должна предусматривать механизмы для первичной валидации структуры импортируемых данных.

3.2.2 Требования к организации выходных данных

Система должна обеспечивать:

- визуальное представление прогнозов в виде графиков;
- экспорт детализированных отчетов (включая метаданные, метрики качества и график) в формат Microsoft Excel.

3.3 Требования к видам обеспечения

3.3.1 Требования к информационному обеспечению

В состав системы входит локальная СУБД SQLite, содержащая таблицы для хранения статистических данных о случаях смерти («Пациент», «Причина», «Район», «Случай») и конфигурационных настроек.

3.3.2 Требования к методическому обеспечению

Разработка системы и сопроводительной документации регламентируется следующими основными стандартами:

- ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;
- ГОСТ 7.1-2003 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления;
- ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов;
- ГОСТ 34.602-2020 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание (развитие) автоматизированной системы.

3.3.3 Требования к программному обеспечению

ПО, необходимое для нормального функционирования системы, включает в себя:

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

- язык программирования Python (версия 3.11 или выше);
- библиотеки: PyQt5, Pandas, NumPy, Scikit-learn, TensorFlow/Keras, Matplotlib, openpyxl;
- СУБД SQLite3.

3.3.4 Требования к техническому обеспечению

Программное обеспечение предназначено для работы на IBM-совместимых персональных компьютерах со следующими минимальными (рекомендуемыми) техническими характеристиками:

- операционная система: Microsoft Windows 10 (64-bit) или Microsoft Windows 11 (64-bit);
- процессор: Intel Core i3 (или эквивалентный AMD) 4-го поколения или новее;
- оперативная память (ОЗУ): не менее 4 ГБ (рекомендуется 8 ГБ);
- свободное место на жестком диске (SSD/HDD): не менее 1 ГБ;
- монитор: разрешение экрана 1920x1080 пикселей или выше, стандартная плотность пикселей 96-120 DPI;
- устройства ввода: стандартная клавиатура и мышь.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Разработанная ИАС предназначена для использования в ГБУЗ АО «АМИАЦ» и не предполагает коммерческого распространения. Основной эффект от внедрения – повышение качества и оперативности анализа данных о смертности, поддержка принятия управленческих решений, содействие в достижении целей регионального здравоохранения. Оценка экономической эффективности выходит за рамки данной работы.

5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ

Разработка должна быть проведена в следующие стадии:

- техническое задание;
- проектирование (технический проект);
- реализация (рабочий проект);

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

- тестирование;
- разработка документации;
- внедрение (в рамках подготовки к защите ВКР).

На стадии «Техническое задание» должен быть выполнен этап разработки, согласования и утверждения настоящего технического задания.

На стадии «Проектирование» должны быть выполнены следующие этапы работ:

- выбор модели ЖЦ;
- разработка архитектуры системы;
- проектирование БД;
- выбор технологического стека.

На стадии «Реализация» должна быть выполнена работа по программированию (кодированию) и отладке модулей системы.

На стадии «Тестирование» должны быть выполнены:

- модульное и интеграционное тестирование;
- функциональное тестирование;
- тестирование производительности и надежности;
- тестирование пользовательского интерфейса.

На стадии «Разработка документации» должны быть подготовлены: Пояснительная записка.

На стадии «Внедрение» должен быть выполнен этап подготовки демонстрационных материалов и системы к защите бакалаврской работы.

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ

Контроль за ходом разработки осуществляется Научным руководителем выпускной квалификационной работы в соответствии с утвержденным планом-графиком.

Оценка работоспособности и соответствия разработанной системы поставленным задачам проводится в рамках подготовки к защите бакалаврской работы.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Итоговая приемка разработанной системы осуществляется Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) в процессе защиты выпускной квалификационной работы. Решение ГЭК об оценке работы, включая оценку разработанного программного продукта, фиксируется в протоколе заседания ГЭК.