

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Институт Информационных систем и геотехнологий
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

На тему «Разработка геоинформационной системы цветочная ферма»

Исполнитель Кушаков Евгений Александрович

Руководитель кандидат технических наук, доцент - Яготинцева Наталья Владимировна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

« » 2022 г.

Санкт–Петербург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1 — Предпроектный анализ	6
1.1 Описание области применения.....	6
1.2 Описание предметной области.....	11
1.3 Анализ создаваемой системы.....	18
Глава 2 — Проектирование «ГИС «Construct Assistant»»	23
2.1 Концептуальное моделирование.....	23
2.2 Объектно-ориентированное проектирование.....	27
2.3 Проектирование схемы данных.....	32
Глава 3 — Реализация геоинформационной системы «Construct Assistant»	38
3.1 Инструментарий для разработки.....	38
3.2 Руководство пользователя.....	39
3.3 Расчёт надёжности системы.....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	61
ПРИЛОЖЕНИЕ В	62

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все более острой проблемой стала проблема с жильем. В России ЖКХ (Жилищно-коммунальное хозяйство) превратилось в серьезную социальную проблему. С 1991 года практически прекратился капитальный ремонт жилого фонда страны, что привело к острой нехватке жилья, соответствующего нормам и потребительским требованиям для значительной части населения. Проблема жилья имеет несколько важных аспектов:

1. Недостаток жилья (количественный аспект);
2. Несоответствие структуры жилого фонда демографической структуре семей (структурный аспект);
3. Несоответствие существующего жилья требованиям к качеству (качественный аспект). [3]

Согласно официальным данным с сайта администрации Санкт-Петербурга за 2021 год было введено в эксплуатацию более 70 тысяч квартир. Однако не все жилые здания соответствуют таким строительным нормам и правилам, как СП 54.13330.2016 «ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ МНОГОКВАРТИРНЫЕ», а также СП 55.13330.2016 «ДОМА ЖИЛЫЕ ОДНОКВАРТИРНЫЕ». Это увеличивает риск несчастных случаев, связанных с неправильным проектированием жилых домов.

Объектом исследования настоящей работы является экспертная система, благодаря которой производится исправление отклонений в постройке жилых зданий на начальных этапах для предотвращения несчастных случаев, связанных с неправильным проектированием жилых зданий.

Предметом исследования являются факторы постройки жилого здания, в зависимости от которых изменяется проектирование как отдельного взятого жилого домов, так и инфраструктуры, необходимой для полноценного проживания.

Целью данного исследования является разработка экспертной системы под названием "Construct Assistant", которая поможет исправить дефекты в строительстве жилых зданий на ранних этапах для предотвращения несчастных случаев, связанных с неправильным проектированием.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Теоретический и практический анализ экспертных систем, используемых при проектировании жилых зданий.
2. Анализ исходных данных проекта.
3. Создание удобного интерфейса для пользователя.
4. Исследование методов построения экспертных систем.
5. Разработка экспертной системы, которая будет использоваться при строительстве жилых зданий.

Представленная информационная система позволяет:

- Работать с картами местности, полученными из космических снимков.
- Учитывать атмосферные условия для заданной местности.
- Отслеживать влияние атмосферных условий на ограничения строительства.
- Генерировать рекомендации для строительства в заданной местности.
- Создавать отчеты о работе с заданной местностью.

Методы, стандарты и технологии, используемые в данном исследовании:

- Сравнительный анализ аналогичных систем для проектирования жилых зданий на рынке.
- Планирование разработки систем с применением подхода SWOT.
- Моделирование системы с помощью UML-диаграмм.
- Технологии баз данных и управления ими.
- Применение ГИС-технологий.

В ходе практической части исследования были использованы следующие

инструменты:

- Язык программирования Python
- Фреймворки: psycopg2, PyQt5, folium, Matplotlib, Plotly
- Система управления базами данных PostgreSQL

Глава 1 — Предпроектный анализ

1.1 Описание области применения

Архитектурное проектирование представляет собой сложный процесс, в котором архитектор сталкивается с множеством проблем и имеет множество возможных вариантов решения. Он должен учитывать программные требования, нормы, бюджет, функциональные возможности, конструктивные и инженерные решения, архитектурные формы и другие факторы. Одновременно архитектор должен взвесить все эти данные и принять решение.

Важно, чтобы архитектор четко понимал, какая информация ему необходима, учитывая ограниченность исходных данных в жилищном строительстве. Только хорошее знание предмета позволяет архитектору задавать правильные вопросы, чтобы получить необходимую информацию от застройщика. Уровень качества жилых зданий определяется их функциональными, архитектурными, конструктивными, гигиеническими, эстетическими и экономическими показателями. Чтобы достичь комфортного проживания, требуется учесть множество сложных требований и факторов.

Существует много различных требований и факторов, которые можно классифицировать на четыре группы:

1. Природно-климатические,
2. Социально-психологические,
3. Архитектурно-строительные;
4. Экономические.

Данная работа фокусируется на природно-климатических факторах, так как атмосферные условия оказывают наибольшее влияние на проектирование жилья. Состояние атмосферы определяет тепловой режим поверхности Земли и влажность воздуха.

Российская Федерация имеет различные климатические районы, включая

тропики, пустыни и другие. При проектировании жилья нецелесообразно создавать универсальное жилище для всех климатических районов. Вместо этого следует учитывать конкретные местные условия при проектировании индивидуального жилья.

Таким образом, архитектор в ходе проектирования жилых зданий должен учитывать различные факторы и требования, чтобы создать комфортное жилье, соответствующее конкретным природно-климатическим условиям.

Атмосферные условия оказывают воздействие на человека и жилой дом, но каждый случай требует уникального подхода. Основными факторами, которые следует учитывать, являются:

1. Температурный режим

Температура может негативно сказываться на комфорте жилья, поэтому необходимо защищать помещения от резких изменений температуры внутри и снаружи дома. Рекомендации и строительные решения варьируются в зависимости от климатических районов. Например, в холодных районах рекомендуется строить комплексные жилые дома с дополнительными помещениями и уменьшенным периметром наружных стен, а в жарких районах - предусмотреть хорошую вентиляцию помещений и открытые пространства.

2. Ветровой режим

Скорость и направление ветров в регионе определяются на основе многолетних наблюдений и документированы в строительном стандарте "Строительная климатология". Проектировщики используют эти данные для создания диаграммы, известной как "роза ветров", которая показывает частоту и направление ветров в разное время года. Важно также учитывать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе для обеспечения безопасности.

3. Влажностный режим

Относительная влажность воздуха, колебания, объем осадков и увлажненность почвы различаются в разных климатических зонах (влажная, нормальная и сухая). Дождь и снег, как и ветер, могут переносить вредные вещества, поэтому необходимы строительные решения, такие как наружное водоотведение и специальные снегозащитные меры для обеспечения защиты жилого дома и его территории.

4. Уровень солнечной радиации (инсоляция)

Инсоляция определяется уровнем освещенности, облачностью, интенсивностью солнечной радиации и измеряется для разных периодов и поверхностей. Он влияет на площадь остекления, размещение окон и выбор материалов для наружной отделки. Эти факторы необходимо учитывать при проектировании жилого дома.

Кроме того, рельеф местности и окружающая застройка также оказывают значительное влияние на дома и должны быть учтены в процессе проектирования и строительства. После выбора места следует переходить к выбору конструктивной системы проектирования, которая также является вопросом первостепенной важности.

Конструктивная система здания - это совокупность вертикальных и горизонтальных несущих конструкций, которые обеспечивают прочность, жёсткость и устойчивость здания. Выбор конструктивной системы зависит от множества факторов, включая требования заказчика, программа здания и объём конструкций.

Горизонтальные конструкции, такие как перекрытия и покрытия, передают нагрузки от вертикальных и горизонтальных сил на вертикальные несущие конструкции. Вертикальные конструкции, в свою очередь, переносят нагрузки через фундаменты к основанию здания.

Для многоквартирных жилых зданий горизонтальные несущие конструкции обычно представляют собой железобетонные диски, такие как сборные, монолитные или сборно-монолитные плиты. Вертикальные несущие конструкции могут быть стержневыми (стойки каркаса), плоскостными (стены, диафрагмы) или объёмно-пространственными (стволы жёсткости, наружные оболочки).

Существуют различные конструктивные системы, такие как каркасная (рамная), стеновая (бескаркасная), ствольная и оболочковая. Комбинированные системы сочетают разные виды несущих элементов. Каждая система имеет свои преимущества и область применения. Например, бескаркасная система широко используется в массовом жилищном строительстве, а каркасная и каркасно-диафрагмовая системы применяются в жилых и общественных зданиях.

При выборе конструктивной системы учитываются требования к прочности, экономичности, жёсткости и устойчивости здания. Различные конструктивные системы позволяют адаптировать здание к его функциональному назначению, высоте и условиям окружающей среды.

Изложенные выше факты позволяют сделать вывод о важности выбора места для строительства здания и его конструктивной системы. Однако в жилищном строительстве не всегда уделяется должное внимание этим аспектам. Для достижения успеха необходимо начинать с поиска подходящего места, учитывая его природные условия и окружающую среду.

Корректно спроектированная конструкция здания, обладающая достаточной прочностью и эксплуатационной пригодностью, может быть использована для строительства различных жилищ. Необходимо понимать, что дополнительные "улучшения" повышают только стоимость, но не всегда качество конструкции. Выбор системы проектирования также оказывает существенное влияние на основной тип конструкций здания, что накладывает ограничения на последующие этапы строительства.

В свете этих факторов предлагается разработать систему для выбора места и проектирования жилых зданий, учитывающую влияние природно-климатических факторов, особенно условий атмосферы.

1.2 Описание предметной области

Система экспертного анализа (СЭА) представляет собой прогностическую систему, которая содержит информацию о конкретной предметной области с низкой структурированностью и сложной формализацией, способную предложить и объяснить разумные решения пользователю. Она состоит из базы знаний, механизма логического вывода и подсистемы объяснений, а также включает в себя множество компонентов меньшего масштаба.

Системы экспертного анализа отличаются от систем обработки данных тем, что они используют символьное представление, символьный вывод и эвристический поиск решений. Решения, получаемые с помощью систем экспертного анализа, могут быть объяснены пользователю на качественном уровне, что обеспечивает прозрачность работы системы. Системы экспертного анализа также обладают способностью к обучению. Они применяются для решения различных задач, таких как интерпретация, прогнозирование, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктирование и управление. Эти задачи возникают в различных областях, включая научные, деловые и промышленные сферы. Программные средства, основанные на технологии систем экспертного анализа, широко распространены по всему миру.

Разработка систем экспертного анализа является сложным и трудоемким процессом из-за слабой формализуемости процесса принятия решений, альтернативности и нечеткости, а также качественной природы используемых знаний и динамического изменения проблемных областей. Создание такой системы требует изучения множества источников, включая специализированную литературу, базы фактических знаний и опыт работы специалистов в данной области.

Важным аспектом успешной разработки системы экспертного анализа

является взаимодействие инженеров по знаниям с экспертами, чтобы передать необходимые знания для решения конкретных проблем. Этапы проектирования системы экспертного анализа представлены на рисунке 1.1.

**Рисунок 1.1. Этапы проектирования
экспертной системы**

Согласно описанной информации, эксперты являются сложными системами, и их деятельность зависит от различных внешних и внутренних условий. Взаимодействие между экспертами может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на их работу. Для работы с экспертами используются различные методы экспертизы, такие как анонимные и открытые опросы, анкетирования, совещания, дискуссии, мозговой штурм и метод Дельфи.

На начальных этапах идентификации и концептуализации инженер по знаниям выступает в роли ученика, а эксперт - в роли учителя и мастера. На заключительных этапах реализации и тестирования инженер по знаниям демонстрирует результаты разработки, а эксперты оценивают адекватность решения проблемы. На этапе тестирования систему экспертного анализа

оценивают по критериям точности и полезности.

Оценка точности связана с правильностью выполнения заключений, адекватностью базы знаний, обоснованностью используемых методов решения проблемы. Оценка точности обычно проводят эксперты в проблемной области. Полезность экспертной системы определяется степенью удовлетворения требований пользователя, легкостью взаимодействия, надежностью, производительностью, стоимостью эксплуатации, способностью обосновывать решения и обучать.

Оценка экспертной системы осуществляется по набору тестовых примеров, как из предшествующей практики экспертов, так и специально подобранных ситуаций. Результаты тестирования подлежат статистической обработке, а затем делаются выводы о точности работы системы. Оценка системы также включает сбор критических замечаний и внесение необходимых изменений.

После этапа тестирования система экспертного анализа может быть внедрена и протестирована в реальных условиях эксплуатации. Опытная эксплуатация может требовать разработки специализированных версий системы, учитывающих особенности проблемных областей.

В целом, разработка экспертной системы включает логическую стадию, которая не зависит от выбранного инструментального средства, и последующие этапы, реализуемые на основе выбранного средства. Прототипное проектирование используется для постоянного наращивания базы знаний, начиная с логической стадии.

Однако класс ЭС определён уже в первой прототипе и, в большинстве случаев, не меняется до конца проекта.

Существует множество классификаций экспертных систем. Рассмотрим основные классификации:

- **По способу формирования решения:**

- *Аналитические*

Выбор решений из множества известных альтернатив (определение характеристик объектов).

- *Синтетические*

Генерация неизвестных решений (формирование объектов).

- **По способу учёта временного признака:**

- *Статистические*

Решение задач при не изменяемых в процессе решения данных и знаниях. Осуществляется монотонное непрерываемое решение задачи от ввода исходных данных до конечного результата.

- *Динамические*

Решение задач при изменяемых в процессе решения данных и знаниях. Предусматривается возможность пересмотра в процессе решения полученных ранее результатов и данных.

- **По видам используемых данных и знаний:**

- *Детерминированные*

- *Неопределённые*

- **По числу используемых источников знаний:**

- *Один источник знаний*

- *Множество источников знаний*

В соответствии с перечисленными признаками классификации составим сводную таблицу и выделим основные классы экспертных систем (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Основные классы экспертных систем

	Анализ	Синтез	
Детерминированность знаний	Классифицирующие	Трансформирующие	Один источник знаний
Неопределённость знаний	Доопределяющие	Многоагентные	Множество источников знаний
	Статика	Динамика	

Рассмотрим каждый из классов экспертных систем подробнее:

- Классификационные

Экспертные системы, решающие задачи определения принадлежности анализируемой ситуации к определенному классу, используют метод логического дедуктивного вывода от общего к частному. Путем подстановки исходных данных в совокупность взаимосвязанных общих утверждений получается конкретное заключение.

- Дополняющие

Экспертные системы, решающие задачи на основе неопределенных исходных данных и применяемых знаний, заполняют пробелы в знаниях. В результате могут получаться несколько возможных решений с разной вероятностью или уверенностью. Методы работы с неопределенностями могут включать байесовский вероятностный подход и нечеткую логику.

Экспертные системы этого типа могут использовать несколько источников знаний и применять эвристические приемы выбора знаний из конфликтующих источников, например, основываясь на приоритетах, степени определенности результата или значениях функций предпочтения.

- Трансформационные

Экспертные системы, которые преобразуют знания в процессе решения

задач и зависят от результатов, которые нельзя предсказать заранее, а также от динамической природы проблемной области.

- Мультиагентные

Экспертные системы, в которых интегрируются разнообразные источники знаний, обменивающиеся результатами динамически.

Экспертные системы классификационного и дополняющего типов наиболее применимы в следующих областях проблем:

- Интерпретация данных

Выбор решения из predetermined набора альтернатив на основе информации о текущей ситуации. Основная цель - определение сущности рассматриваемой ситуации и выбор гипотез на основе фактов.

- Диагностика

Выявление причин, приведших к возникновению ситуации. Требуется предварительная интерпретация ситуации и проверка дополнительных факторов.

- Коррекция

Диагностика, дополненная возможностью оценки и рекомендации действий по исправлению отклонений от нормального состояния ситуаций.

Экспертные системы трансформационного и мультиагентного типов наиболее применимы в следующих областях проблем:

- Проектирование

Определение конфигурации объектов с учетом заданных критериев эффективности и ограничений.

- Прогнозирование

Предсказание последствий развития текущих ситуаций на основе математического и эвристического моделирования.

- Диспетчеризация

Распределение работ во времени и составление расписаний.

- Планирование

Выбор последовательности действий пользователей для достижения поставленной цели.

- Мониторинг

Слежение за текущей ситуацией с возможной коррекцией. Для этого выполняется диагностика, прогнозирование, а при необходимости - планирование и коррекция действий пользователей.

- Управление

Мониторинг, дополненный автоматической реализацией действий в системах. В данной работе было принято решение создать классификационную экспертную систему, поскольку она наиболее подходит для выбранных задач.

1.3 Анализ создаваемой системы

На рынке уже существуют несколько систем, которые помогают в проектировании зданий и автоматизации процессов. Некоторые из таких систем включают ArchiCAD, ЛИРА-САПР и Дом-3D. Эти информационные системы обладают общими чертами, такими как возможность редактирования данных о здании и чертежей здания.

Среди рассмотренных информационных систем ArchiCAD является наиболее продвинутой в использовании информационных технологий. Она позволяет использовать геоинформационные системы (ГИС), учитывать ландшафт здания и проводить расчеты материалов для составления простейшей сметы.

Сейчас наблюдается тенденция развития проектирования зданий в области применения геоинформационных технологий. Это позволяет автоматически собирать и отображать информацию о местности, а также отмечать места в виде точек для последующей работы с ними.

В рамках вашей выпускной квалификационной работы (ВКР) был проведен сравнительный анализ существующих информационных систем. Результаты этого анализа представлены в таблице 1.2.

«+» — имеется.

«-» — отсутствует.

Таблица 1.2 . Сравнительный анализ

Наименование организации/Функции программы	Construct Assistant	ArchiCAD	ЛИРА-САПР	Дом-3D
Использование ГИС	+	+	-	-
Редактирование данных о здании	+	+	+	+

Учёт ландшафта здания	+	+	-	-
Учёт атмосферных условий	+	-	-	-
Использование анализа факторов строительства здания	+	-	-	-
Расчёт нагрузок на конструкции	-	-	+	-
Расчёт материалов для составления сметы	-	+	-	-

На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы. "Редактирование данных о здании" является ключевым аспектом, который будет унаследован в вашей работе. Это важная функция, которая позволяет пользователям вносить изменения и обновлять информацию о здании.

"Учет ландшафта здания" является дополнительной функцией, но имеет значимую роль в современном проектировании, так как предоставляет информацию о местности пользователю. Это позволяет учесть окружающую среду при разработке проекта здания.

Изучив системы проектирования зданий, можно заключить, что интерфейс должен быть интуитивно понятным и легким для использования. Важным фактором является также наличие карты, которая позволяет наглядно визуализировать информацию для пользователя.

Расчет значений для природно-климатических факторов не должен требовать от пользователя ручного ввода. В разрабатываемой информационной системе данное действие будет происходить автоматически по нажатию кнопки. Это облегчит пользователю процесс получения расчетных значений и повысит удобство использования системы.

Расчёт значений для тестов природно-климатических факторов не должен

заставлять человека выполнять их вручную, поэтому в разрабатываемой информационной системе данное действие происходит простым нажатием на кнопку.

В ГИС будут указаны территориальные субъекты для моментального перехода к выбору точки в заданной местности. Пользователь сможет получить доступ к информации по точке при нажатии на неё и дальнейшем рассмотрении данных внутри описания, что позволит узнать информацию о климате данного субъекта, а при наличии изменений моментально их занести.

Исследование проектируемой ИС проводилось в SWOT.

SWOT-анализ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) — метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделение их на четыре категории. Сильные (S) и слабые (W) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа (то есть тем, на что сам объект способен повлиять). Возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом) (табл. 1.3).

Таблица 1.3. SWOT анализ

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Внутренняя среда	<ul style="list-style-type: none"> ● Актуальность решения ● Экономия ресурсов 	<ul style="list-style-type: none"> ● Слабая представленность на рынке ● Сложность реализации
Внешняя среда	<ul style="list-style-type: none"> ● Увеличение территорий для постройки ● Перспектива переориентация рынка 	<ul style="list-style-type: none"> ● Много аналогов (конкуренты) ● Изменение климата

Стадии проектирования и реализации ИС, а также сроки выполнения каждого этапа, представлены на диаграмме Ганта (рис. 1.2). [9]

Рисунок 1.2. Диаграмма Ганта

В сфере строительства зданий сегодня особенностью бизнес-процессов

является автоматизация сбора и обработки информации для принятия управленческих решений. Этот подход широко применяется в организациях, занимающихся строительством зданий, и позволяет достичь централизованного управления и снижения риска человеческого фактора.

Разработка программных средств для таких целей связана с существенными затратами ресурсов, включая трудовые, материальные и финансовые. Поэтому при создании и внедрении проекта программного обеспечения необходимо определить общие затраты труда и соотнести их с финансовыми затратами. Для этого проводится оценка трудозатратности разработки и установление продолжительности проекта, а также анализ финансовых затрат (см. рисунок 1.3).

Рисунок 1.3. Расчёт затрат на разработку
автоматизированной системы

Глава 2 — Проектирование «ГИС «Construct Assistant»»

2.1 Концептуальное моделирование

Концептуальная модель — это абстрактная модель, которая определяет структуру системы, которая моделируется, свойства элементов и их взаимосвязь. В данном случае она позволяет понять и представить проектируемую ГИС «Construct Assistant», определить используемые в дальнейшем команды и функции для каждого объекта. Концептуальная модель представляет из себя диаграмму, которая описывает свойства объектов в запланированной ГИС/ИС и связи между ними (рис. 2.1). [7]

Рисунок 2.1. Концептуальная модель

Сущностями являются: пользователь, данные, карта, анализ и отчёты.

Пользователь имеет такие характеристики, как фамилия, имя, отчество, должность и id, а также возможность просматривать доступную для него информацию (БД территориальных субъектов, проекты, которые были созданы

ранее), добавлять информацию (новые проекты).

Пользователь связан с картой только просмотром, а с данными — просмотром и добавлением.

Данные имеют следующие характеристики: координаты, наименование здания, схема здания, территориальный субъект, отчёты. Помимо этого есть возможность просматривать, добавлять, отправлять и хранить информацию (точки в проектах, которые были или будут созданы).

Данные связаны с картой только добавлением атрибутов или точек на карте, а с анализом — только передачей информации для анализа.

Карта имеет такие характеристики, как точки на карте, информация о точках, а также возможность визуализировать информацию (точки на карте).

Анализ имеет следующие характеристики: данные для расчёта, критерии категорий. Помимо этого есть возможность анализировать, получать и отправлять информацию о проектируемом здании.

Анализ связан с отчётами передачей данных для составления отчёта.

Отчёты имеют такие характеристики, как статистика для определённой точки, а также возможность получать информацию и составлять отчёт.

Отчёты связаны с данными только передачей данных для сохранения.

Таким образом, разрабатываемая система будет иметь следующие модули:

- «Карта» (отображение точек для потенциальных мест постройки, которые будут уникальны для каждого проекта);
- «Данные» (хранение и использование пользователем информации, которая уже есть в системе и/или будут добавляться непосредственно во время использования);
- «Анализ» (расчёт значений для функциональных тестов, которые будут указаны в системе, а также изменены при необходимости пользователя);
- «Отчёты» (создание документации для получения точных данных о

прохождении проверки тестов зданием, которое пользователь хочет построить).

Кроме концептуальной модели, необходимо составить базу знаний, которая будет использоваться для экспертной системы.

База знаний — это база данных, которая содержит в себе правила действия, основанные на предоставленных знаниях в предметной области. БЗ является важным компонентом интеллектуальных систем, в данной работе для экспертной системы. На основе этих записей и пользовательском описании ситуации система сможет найти способы решения проблем для некоторой предметной области. Основными требованиями к информации, хранящейся в базе знаний экспертной системы, являются:

- Достоверность конкретных и обобщённых сведений, имеющих в базе данных;
- Релевантность информации, получаемой с помощью правил вывода базы знаний.

База знаний представлена на рисунке 2.2.

Рисунок 2.2. База знаний

Данная диаграмма даёт представление об алгоритме работы информационной системы:

- Оператор выбирает место для здания;

- Система определит координаты места, на основе чего происходит нахождение территориального субъекта;
- Данные по климатическим условиям берутся из свода правил «Строительная климатология»;
- Оператор вводит данные по инсоляции;
- Происходит анализ проектирования с последующим производством отчёта с рекомендациями.

Исходя из этой диаграммы, основными записями в базе знаний станут значения, взятые из свода правил «Строительная климатология» и используемые для получения данных по климатическим условиям территориального субъекта. Однако пользователь также сможет изменять данные по климатическим условиям отдельно для каждого проекта при необходимости.

2.2 Объектно-ориентированное проектирование

Объектно-ориентированное проектирование (ООП) включает представление объектов со своими характеристиками и их взаимодействием друг с другом, что служит основой для моделирования программы. В языке моделирования UML (Unified Modeling Language) существует множество диаграмм, которые предназначены для представления системы, классов, вариантов использования и последовательностей.

Диаграммы могут быть созданы в графическом или текстовом виде. В языке UML используются три типа конструктивных элементов: сущности, отношения и диаграммы. Сущности представляют собой объекты с общими характеристиками, а отношения между ними могут быть ассоциациями, наследованием, агрегацией, использованием, инстанцированием и метаклассами.

Визуальное моделирование в UML позволяет описать взаимодействие компонентов системы и представить их иерархическую структуру. Процесс начинается с логического обоснования системы и переходит к ее визуальному представлению. Для этого строится модель в виде диаграммы вариантов использования (use case diagram), которая описывает функциональное назначение системы и ее действия в процессе функционирования.

Прецеденты в диаграмме вариантов использования представляют собой функциональные возможности системы для достижения определенного результата. Они описывают возможности актера (пользователя) в различных ситуациях, с которыми он может столкнуться.

Диаграмма вариантов использования состоит из основных компонентов: вариантов использования (отображаемых эллипсами), актеров (представленных символами в виде людей) и отношений между ними. Различные отношения описывают взаимодействие между актерами и вариантами использования, такие как ассоциация, расширение, обобщение и включение.

Ассоциация является ключевым отношением на диаграмме классов и означает, что экземпляры одного класса связаны с экземплярами другого класса. Отношение обобщения указывает, что один объект может заменить другие объекты, а отношение включения отражает зависимость между базовым и специфичным вариантами использования.

В контексте вашей выпускной квалификационной работы (ВКР) была разработана диаграмма вариантов использования для оператора с соответствующими прецедентами. Данная диаграмма представлена на рисунке 2.3 и включена в приложение А вашей работы.

Рисунок 2.3. Диаграмма вариантов использования

Диаграмма классов является важным элементом объектно-ориентированного проектирования (ООП). На диаграмме классов отображаются типы данных программы и их отношения.

Визуально классы на диаграмме классов представлены прямоугольниками, которые могут быть разделены горизонтальными линиями на секции. В этих секциях указываются имя класса, атрибуты (свойства) и операции (методы) класса. Атрибуты представляют данные, которые принадлежат классу, а операции определяют поведение класса и его возможности.

В диаграмме классов также отображаются отношения между классами. Эти

отношения могут быть различными, такими как ассоциация, наследование, агрегация и др. Они позволяют описать связи и зависимости между классами в программе.

Рисунок 2.4. Отображение классов графически

Классы являются центральными объектами в проектируемой системе и представлены в виде прямоугольников с тремя отсеками.

Верхний указывает на имя класса, а средний — на атрибуты класса, которые являются характеристиками объектов. Секция атрибутов отделяется линией по горизонтали, даже если у класса нет ни одного атрибута. В нижней секции происходит перечисление операций класса, показывающие поведение класса.

Последние два отсека являются необязательными. Класс, который не имеет последние два отделения, называется простым классом и содержит только имя класса. [5]

Символ интерфейса на диаграммах классов обозначает набор операций, благодаря которым показана детализация ответственности класса (рис. 2.5).

Рисунок 2.5. Интерфейс

Диаграмма классов представлена на рисунке 2.6 и в приложении Б.

Рисунок 2.6. Диаграмма классов

2.3 Проектирование схемы данных

База данных — это информационная модель, благодаря которой можно осуществить процессы хранения, обработки и управления данными. Для работы с БД требуется выбрать систему управления базами данных (СУБД). В данной работе в качестве СУБД была выбрана PostgreSQL. [2]

Каждая из таблиц имеет такие характеристики, как:

- Хранение внутри основной информации;
- Указание данных об одном элементе в каждой записи;
- Указание данные об одном аспекте объекта таблицы в каждом поле.

В процессе разработки ИС «Construct Assistant» следующие таблицами были определены в качестве необходимых:

- «Пользователи» (рис. 2.7);

Рисунок 2.7. Таблица «Пользователи»

- «Проекты» (рис. 2.8);

Рисунок 2.8. Таблица «Проекты»

- «Точки» (рис. 2.9);

Рисунок 2.9. Таблица «Точки»

- «Температурный режим точки» (рис. 2.10);

Рисунок 2.10. Температурный режим точки

- «Ветровой режим точки» (рис. 2.11);

Рисунок 2.11. Таблицы «Ветровой режим точки»

- «Отчёты» (рис. 2.12);

Рисунок 2.12. Таблица «Отчёты»

- «Тесты» (рис. 2.13);

Рисунок 2.13. Таблица «Тесты»

- «Территориальные субъекты» (рис. 2.14).

Рисунок 2.14. Таблица "Территориальные субъекты"

Связь между таблицами БД осуществляется с помощью наличия в таблицах общих полей с ключевыми значениями. Схема данных представлена на рисунке 2.15 и в приложении В.

Рисунок 2.15. Схема данных

Глава 3 — Реализация геоинформационной системы «Construct Assistant»

3.1 Инструментарий для разработки

Для реализации графического интерфейса приложения был выбран фреймворк «PyQt5», потому что он является одним из наиболее часто используемых и самых простых в разработке модулей для создания GUI приложений. В качестве фреймворка для работы с базой данных был выбран «psycopg2» из-за безопасности передачи данных и активной поддержки. Чтобы пользователь смог работать с картой, было решено использовать фреймворк «folium», с помощью которого можно визуализировать геопространственные данные, а также наложить маркеры и кластеры маркеров поверх карт. Графики являются одним из самых удобных способов визуализации информации. По этой причине в системе используются фреймворки «Matplotlib» и «Plotly». Первый нужен для создания простых линейных графиков (температурный режим и инсоляция), а второй — для создания розы ветров.

3.2 Руководство пользователя

При запуске программы пользователя встречает окно «Авторизация», с которого можно перейти к основному функционалу программы (рис. 3.1).

Рисунок 3.1. Окно «Авторизация»

При отсутствии аккаунта можно перейти на окно «Создание аккаунта», после ввода данных в котором появится возможность войти в систему под только указанными данными (рис. 3.2).

Рисунок 3.2. Окно «Создание аккаунта»

При забытии пароля можно перейти на окно «Восстановление пароля», где после ввода всех необходимых данных будет возможность зайти в систему под изменёнными данными (рис 3.3).

Рисунок 3.3. Окно «Восстановление пароля»

При переходе в личный кабинет пользователь видит проекты, которые он создал до этого и с которым может продолжить работу (рис. 3.4).

Рисунок 3.4. Окно «Проекты»

Для создания нового проекта необходимо нажать кнопку «Создать», что приведёт к переходу на окно «Создание проекта» (рис. 3.5).

Рисунок 3.5. Окно «Создание проекта»

После того, как пользователь укажет название проекта и регион, произойдёт переход к окну работы с проектом (рис. 3.6).

Рисунок 3.6. Окно "Работа с проектом"

В данном окне есть возможность рассмотреть температурный режим, розу ветров и осадки и влажность для заданной местности (рис. 3.7, рис. 3.8 и рис. 3.9), а также добавить точку по необходимости (рис. 3.10).

Рисунок 3.7. Окно «Температурный режим»

Рисунок 3.8. Окно «Роза ветров»

Рисунок 3.9. Окно «Осадки и влажность»

Рисунок 3.10. Окно «Работа с проектом» с нанесённой точкой

При нажатии на точку открывается информация о точке, выбранной пользователем (рис. 3.11).

Рисунок 3.11. Окно «Информация о
точке»

В данном окне изначально предоставлены такие характеристики, как территориальный субъект, координаты, высота над уровнем моря, температурный режим и роза ветров. Пользователь же вводит название, общую площадь, высоту здания, конструктивную систему и коэффициенты инсоляции по нажатию на кнопку (рис. 3.12).

Рисунок 3.12. Окно «Инсоляция»

При нажатии на кнопку «Создать отчёт» произойдёт анализ данных и вывод отчёта отдельным окном (рис. 3.13).

Рисунок 3.13. Окно "Отчёт"

Для более простого взаимодействия пользователя с системой цветом помечаются статус каждого из теста: зелёный — успешное выполнение, жёлтый — предупреждение, красный — критическая ошибка.

При выборе любого из тестов можно открыть окно «Данные теста», в котором представлены наименование, значение тестов, его описания и варианты

решения, при необходимости (рис. 3.14 и рис. 3.15).

Рисунок 3.14. Окно "Данные теста" для
предупреждения

Рисунок 3.15. Окно "Данные теста" для
критической ошибки

3.3 Расчёт надёжности системы

Чтобы рассчитать надёжность системы, необходимо рассчитать надёжность как для аппаратной, так и программной, после чего произвести расчёт надёжности всей системы в целом.

В данной работе для аппаратной части используется следующее оборудование:

- Устройство пользователя;
- Сетевое оборудование;
- Сервер.

При отказе любого из элементов цепи произойдёт полный отказ системы. Исходя из вышеописанного устройства аппаратной части, представленной на рисунке 3.16, можно сделать вывод, что для расчёта надёжности необходимо использовать формулу (1).

$$P_{\text{апп}} = P_{\text{уст}} * P_{\text{сетоб}} * P_{\text{сервер}} \quad (1)$$

Рисунок 3.16. Общая схема аппаратной части

Для расчёта надёжности как сервера, так и устройства пользователя принимаются следующие допущения:

- Вероятность безотказной работы подчиняется по экспоненциальному закону распределения;
- Отказы устройств являются независимыми и случайными событиями;
- Устройства имеют одинаковые технические параметры.

В таблице 3.1 приведены основные компоненты аппаратной части сервера и их интенсивность отказа.

Таблица 3.1. Интенсивность отказа основных элементов сервера

Наименование элемента	Интенсивность отказа
Память сервера	$3.2 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Жёсткий диск сервера	$8.7 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Сетевая карта	$1.9 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Контроллер RAID массива	$6.2 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Блок питания	$2.0 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Материнская плата	$4.2 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$
Процессор с видео ядром	$3.0 \times 10^{-8} \text{ ч}^{-1}$

Схема основных элементов сервера представлена на рисунке 3.17.

Рисунок 3.17. Схема основных элементов сервера

Вероятность безотказной работы сервера рассчитывается по следующей формуле (2).

$$P(t) = e^{-\lambda_{\text{общ}} * t}, \text{ где} \quad (2)$$

t – время работы на отказ;

$\lambda_{\text{общ}}$ – сумма интенсивности отказа всех элементов, входящих в состав рассматриваемой аппаратной части, что вычисляется по следующей формуле (3).

$$\lambda_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad (3)$$

Согласно данной формуле нужно произвести расчёт суммарной интенсивности отказа всех устройств.

$$\lambda_{\text{общ}} = 3.2 * 10^{-8} + 8.7 * 10^{-7} + 1.9 * 10^{-6} + 6.2 * 10^{-7} + 2.0 * 10^{-7} + 4.2 * 10^{-7}$$

Период времени, равный минимальной наработке на отказ, является равным величине, находящейся в обратной пропорциональности по отношению к сумме интенсивности отказа элементов:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\text{общ}}} = \frac{1}{3.964 * 10^{-6}} = 2.522 * 10^5 \text{ часов}$$

Следовательно, вероятность безотказной работы сервера равна:

$$P_{\text{серв}}(t) = e^{-\lambda_{\text{общ}} * t} = e^{-3.964 * 10^{-6} * 5000} \approx 0.98\%$$

В таблице 3.2 приведены основные элементы, установленные на устройство пользователя и их интенсивность отказа.

Таблица 3.2. Интенсивность отказа основных элементов устройства пользователя

Наименование элемента	Интенсивность отказа
Источник питания	$1.9 \times 10^{-7} \text{ч}^{-1}$
Накопитель	$7.2 \times 10^{-7} \text{ч}^{-1}$
Материнская плата устройства	$4.0 \times 10^{-7} \text{ч}^{-1}$
Сетевая карта	$1.0 \times 10^{-7} \text{ч}^{-1}$
Процессор устройства	$3.9 \times 10^{-7} \text{ч}^{-1}$

Схема основных элементов устройства пользователя представлена на рисунке 3.18.

Рисунок 3.18. Схема основных элементов устройства пользователя

Расчёт интенсивности отказа всех устройств пользователя:

$$\lambda_{\text{общ}} = 1.9 * 10^{-7} + 7.2 * 10^{-7} + 4.0 * 10^{-8} + 1.0 * 10^{-7} + 3.9 * 10^{-7} = 1.44 * 10^{-7}$$

Расчёт минимальной наработки на отказ:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\text{общ}}} = \frac{1}{1.44 * 10^{-6}} = 6.944 * 10^5 \text{ часов}$$

Расчёт вероятности безотказной работы устройства пользователя:

$$P_{\text{устп}}(t) = e^{-\lambda_{\text{общ}} * t} = e^{-1.44 * 10^{-6} * 5000} \approx 0.992\%$$

Схема основных элементов сетевого оборудования представлена на рисунке 3.19.

Рисунок 3.19. Схема основных элементов сетевого оборудования

По причине неизвестности точного количества задействованных элементов в сети, в качестве вероятностей безотказной работы кабеля и сетевого оборудования были приняты следующие величины: $P_{\text{каб}} = 0.97$ и $P_{\text{сетоб}} = 0.99$.

Следуя из этого, вероятность безотказной работы равна:

$$P_{\text{сет}}(t) = P_{\text{каб}} * P_{\text{сетоб}} = 0.96\%$$

Вероятность безотказной работы аппаратной части рассчитывается по формуле (1), которая равна:

$$P_{\text{апп}}(t) = 0.992 * 0.96 * 0.98 \approx 0.933\%$$

При разработке ИС в качестве программной части были использованы следующие модули:

- Операционная система;
- База данных;
- Программный код.

Общая схема программного обеспечения представлена на рисунке 3.20.

Рисунок 3.20. Общая схема программного обеспечения

Для расчёта времени безотказной работы необходимо использовать формулу (4).

$$P_{\text{прг}} = P_{\text{ос}} * P_{\text{бд}} * P_{\text{код}}, \text{ где} \quad (4)$$

$P_{\text{ос}}$ — вероятность безотказной работы операционной системы, используемой пользователем. Так как для операционной системы Windows 11 компания-производитель не установила точной вероятности безотказной работы равной, то $P_{\text{ос}}(t)$ будет принята как 0.98%;

$P_{\text{бд}}$ — вероятность безотказной работы базы данных, которая используется программным обеспечением. Для базы данных PostgreSQL компания-производитель также не установила точной вероятности безотказной работы равной, поэтому $P_{\text{бд}}(t)$ будет принята как 0.9999%;

$P_{\text{код}}$ — вероятность безотказной работы кода.

Чтобы рассчитать коэффициенты надёжности для кода, можно исходить из количества написанного кода. Этот объём в рамках ВКР составил: 0.267326 МБ с

учётом разделов кода, написанных в файлах с расширением py, sql. Отсюда следует, что количество ПО в битах равно: 2242493.02. Для расчёта одна строка содержит 17 ± 3 байта (146 бит) информации. Следовательно, объём ПО в тысячах строк равен: 15.360. Для языка высокого уровня количество ошибок на тысячу строк кода, исходя из статистической модели, представленной на рисунке 3.18 равна 0.0099463078.

Корреляцию между количеством ошибок на тысячу строк кода и процентом ошибок, на основании сделанных выводов было сделано предположение, что $\lambda_{\text{общ}} = 9.946 * 10^{-9}$.

Следовательно, расчёт минимальной наработке до отказа кода:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\text{общ}}} = \frac{1}{9.946 * 10^{-9}} = 1.005 * 10^8 \text{ часов}$$

Расчёт вероятности безотказной работы кода:

$$P_{\text{код}}(t) = e^{-\lambda_{\text{общ}} * t} = e^{-9.946 * 10^{-9} * 5000} \approx 0.999\%$$

Вероятность безотказной работы программной части рассчитывается по формуле (4) равно:

$$P_{\text{прг}} = 0.98 * 0.9999 * 0.999 \approx 0.979$$

По полученным данным можно оценить надёжность всей системы.

Формула расчёта надёжности системы:

$$P_{\text{сис}} = P_{\text{апп}} * P_{\text{прг}} = 0.933 * 0.978 = 0.913$$

Из расчётов системы самым слабым звеном является аппаратная часть, а именно сетевое оборудование.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были проведены следующие шаги: предварительный анализе, проектирование, реализация и технико-экономическое обоснование. В ходе анализа предметной области и аналоговых систем были выявлены положительные и отрицательные стороны представляемой геоинформационной системы (ГИС) для выбора места строительства здания. Это позволило эффективно приступить к разработке объектно-ориентированному проектированию (ООП). ГИС технологии использовались для решения задач проектирования здания и выбора подходящего места для строительства, что способствует более эффективному процессу строительства.

В результате анализа предметной области были разобраны ключевые понятия и основные аспекты модернизации этапа проектирования, особенно с использованием ГИС. Анализ аналоговых систем выявил недостатки существующих ИС и позволил улучшить их в новой разработанной ГИС. Постановка целей и задач работы способствовала структурированию процесса проектирования ГИС, а SWOT-анализ помог достичь максимальной эффективности разрабатываемой ИС.

Применение экспертной системы с ГИС позволяет автоматизировать необходимые вычисления, связанные с условиями атмосферы, а визуализация местности на карте помогает принимать оперативные решения по корректировке процесса строительства. Такое преобразование экспертных данных в адаптированном виде с визуализацией входных и выходных данных решает проблему извлечения знаний из неформализованных источников и позволяет использовать данные о климате в режиме реального времени. Этот подход также помогает уменьшить возможность ошибки по причине человеческого фактора, что положительно влияет на качество проектирования.

В ходе работы были разработаны концептуальная модель, база знаний, диаграмма вариантов использования, диаграмма классов и схема базы данных. Диаграммы классов и модели вариантов использования позволили визуализировать ГИС и предотвратить возникновение ошибок при взаимодействии компонентов системы. Каждая диаграмма и модель были тщательно рассмотрены с учетом негативных аспектов, выявленных в аналогичных системах.

Разработка ГИС была успешно реализована и представлена в виде приложения с различными вариантами использования интерфейса. Также были проведены технико-экономическое обоснование и варианты обработки, хранения и восстановления базы данных.

Таким образом, в работе были выполнены все поставленные задачи, такие как теоретический и практический анализ, анализ исходных данных, разработка удобного интерфейса и создание экспертной системы, были выполнены. Предложенное решение может быть применено в организациях, занимающихся строительством зданий, особенно в компаниях с филиалами в разных городах. Применение такого подхода обеспечивает централизованное управление и снижает влияние человеческого фактора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Асаул, А.Н. Теория и практика многоэтажного жилищного строительства в России / А.Н. Асаул, Ю.Н. Казаков, Н.И. Пасяда, И.В. Денисова под редакцией А.Н. Асаула — СПб.: «Гуманистика», 2005. — 563 с.
2. Буч, Г. UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон. — М.: ДМК Пресс; Издание 2-е, стер., 2014. — 432 с.
3. Гимазетдинова, Э.Я. Жилищная проблема и пути её решения в современных условиях / Э.Я. Гимазетдинова, И.А. Владимиров — М.:РИОР, 2011.
4. Громов, Ю.Ю. Г874 Надёжность информационных систем: Учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, Н.Г. Мосягина, К.А. Набатов — М.: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. — 160 с.
5. Журкин, И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура — М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2009.
6. Заботина, Н.Н. Проектирование информационных систем: Учебное пособие / Н.Н. Заботина — М.: ИНФРА-М, 2011. — 331 с.
7. Залунин, В.И. Социальная экология: учебник для академического бакалавриата / В.И. Залунин — М.: Издательство Юрайт; Издание 2-е испр. и доп., 2019. — 206 с.
8. Комитет по строительству. Развитие экономической социальной и иных сфер деятельности / Администрация Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] - <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/komstroy/statistic/development/>
9. Коновалова, Н.П. Введение в ГИС: Учебное пособие / Н.П. Коновалова, Е.Г. Кондратов — Петрозаводск: 2003. — 148 с.
10. Маклаков, Т.Г. Архитектура: Учебник / Т.Г. Маклаков, С.М. Нанасов, В.Г. Шарапенко, А.Е. Балакина — М.: АСВ, 2004.
11. Максаи, Д. Проектирование жилых зданий / Максаи Д. — М.: Стройиздат, 1979.

12. Основы UML – диаграммы использования (use-case) / Блог программиста
[Электронный ресурс] – <https://pro-prof.com/archives/2594>
13. СП 131.13330.2020 Строительная климатология

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Диаграмма вариантов использования (рисунок А).

Рисунок А. Диаграмма вариантов использования

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Диаграмма классов (рисунок Б).

Рисунок Б. Диаграмма классов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Схема данных (рисунок В).

Рисунок В. Схема данных