

Липецкий государственный технический университет

Факультет автоматизации и информатики

Кафедра автоматизированных систем управления

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА БАКАЛАВРА**

по направлению 09.03.04 «Программная инженерия»

тип программы академическая

профиль «Разработка программно-информационных систем»

**Разработка автоматизированной системы определения оптимального
размещения источников освещения в населённом пункте на основе данных
геолокации**

Студент

Гусев А.С.

Группа ПИ-17-1

Руководитель ВКР

Гаев Л.В.

канд. техн. наук, доцент

**Консультант по
программному обеспечению**

Муравейко А.Ю.

Нормоконтроль

Болдырихин О.В.

**Заведующий кафедрой
канд. техн. наук**

Алексеев В.А.

Липецк 2021 г.

ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет ФАИ

Кафедра АСУ

Заведующий кафедрой

Алексеев В.А.

« » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Обучающемуся Гусеву Антону Сергеевичу группы ПИ-17-1

Направление (специальность) 09.03.04 "Программная инженерия"

1. Тема «Разработка автоматизированной системы определения оптимального размещения источников освещения в населённом пункте на основе данных геолокации»

2. Цель и задачи работы Разработать автоматизированную систему для помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц населенного пункта

3. Характеристика предметной области расстановка светильных приборов в населённом пункте

4. Содержание расчетно-пояснительной записи введение, постановка задачи, изучение и моделирование предметной области, разработка информационной базы, программно-аппаратная реализация, представление и анализ полученных результатов, заключение (выводы), список источников

5. Перечень графического материала иллюстрации предметной области (скриншоты программ), схема функциональной структуры, диаграмма "сущность-связь", физическая структура базы данных, структура аппаратного обеспечения, структура программного обеспечения

6. Срок сдачи ВКР руководителю 11.06. 2021

7. Консультанты по ВКР Муравейко А.Ю.

8. Дата выдачи задания 08.02.2021

9. Руководитель ВКР

кандидат технических наук, доцент, Гаев Л.В. _____

10. Задание принял к исполнению обучающийся Гусев А.С. _____

Заведующий кафедрой АСУ Алексеев В.А. _____

Аннотация

С. 108. Ил. 45. Табл. 9. Литература 57 назв. Прил. 10.

Настоящий документ представляет собой пояснительную записку к выпускной квалификационной работе бакалавра на тему «Разработка автоматизированной системы определения оптимального размещения источников освещения в населённом пункте на основе данных геолокации».

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы для помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц с максимальным суммарным рейтингом.

В работе представлен литературный обзор существующих систем. Представлено описание и моделирование предметной области. Описана архитектура системы, информационная база системы, программно-аппаратная реализация, представлены полученные результаты.

Оглавление

Введение	9
1 Постановка задачи.....	10
1.1 Литературный и патентный обзор постановки подобных задач. Анализ стандартных средств и существующих способов решения задачи	10
1.1.1 Формулировка задачи.....	10
1.1.2 Готовые программные продукты	11
1.1.3 Данные геолокации	12
1.1.4 Осветительные приборы.....	13
1.1.5 ГОСТы при разработке	14
1.1.6 Методы расчета освещения	15
1.1.7 Платформы для разработки	16
1.1.8 Технологии при разработке	17
1.1.8.1 Выбор основных инструментов.....	17
1.1.8.2 Выбор дополнительных инструментов.....	19
1.1.9 СУБД при разработке	21
1.1.10 Развёртывание системы	22
1.2 Объекты управления, информационные объекты и автоматизируемые процессы. Пользователи и внешние сущности.....	23
1.2.1 Информационные объекты	23
1.2.2 Автоматизируемые процессы.....	23
1.2.3 Пользователи.....	23
1.2.4 Внешние сущности.....	24
1.3 Цели разработки, функции системы, ограничения и критерии оценки результатов.....	24
1.3.1 Цели разработки	24
1.3.2 Функции системы	24
1.3.3 Требования к средствам разработки	24
1.3.4 Требования к используемым компонентам и библиотекам	25
1.3.5 Требования к среде выполнения	25
1.3.6 Требования к развертыванию	25
1.3.7 Требования к используемым осветительным приборам	25
1.3.8 Требования к безопасности	25
1.3.9 Требования к методу расчет освещения.....	25
1.3.10 Требования к использующимся ГОСТам	26

1.3.11 Требования к получению данных геолокации.....	26
1.3.12 Критерии оценки результатов	26
2 Изучение и моделирование предметной области.....	26
2.1 Выявление основных понятий и процессов, их свойств и закономерностей. Построение ER-диаграммы предметной области	26
2.1.1 Основные понятия.....	26
2.1.2 ER-диаграмма предметной области.....	30
2.2 Теоретическое изучение предметной области. Построение теоретических математических моделей.....	31
2.2.1 Данные геолокации	31
2.2.1.1 Структура данных	31
2.2.1.2 Генерация данных	32
2.2.1.3 Очистка данных.....	33
2.2.1.4 Усреднение данных	33
2.2.2 Определение рейтинга улиц (дорог).....	34
2.2.3 Прогнозирование смещения.....	35
2.2.4 Расстановка осветительных приборов	35
2.3 Экспериментальное изучение предметной области. Построение эмпирических математических моделей	38
2.3.1 Данные геолокации	38
2.3.1.1 Тестовая модель представления реальных данных на карте	38
2.3.1.2 Алгоритм генерации	39
2.3.1.3 Алгоритм очистки	40
2.3.2 Тестовая модель определения рейтинга улиц.....	41
2.3.3 Тестовая модель определения рейтинга улиц со смещением	43
2.3.4 Тестовая модель расстановки.....	44
3 Разработка информационной базы для решения задачи	47
3.1 Построение концептуальной и физической модели данных	47
3.2 Описание источников информации, входных сигналов и документов ..	49
3.3 Описание выходной информации: сигналов, документов и видеокадров	50
4 Программно-аппаратная реализация решения задачи.....	52
4.1 Аппаратное обеспечение	52
4.2 Программное обеспечение	52
4.3 Разработанные программные средства	53

4.3.1 Описание использованных средств, подходов, методов, языков, библиотек	53
4.3.1.1 Модель представления архитектуры.....	53
4.3.1.1.1 Логическое представление	54
4.3.1.1.2 Представление разработки	56
4.3.1.1.3 Процессное представление.....	58
4.3.1.1.4 Физическое представление.....	59
4.3.1.2 Шаблоны проектирования	59
4.3.1.3 Взаимодействие с базой данных	60
4.3.1.4 Backend часть	60
4.3.1.5 Frontend часть	62
4.3.2 Описание программы.....	64
4.3.2.1 Функциональное назначение	64
4.3.2.2 Модель вариантов использования	64
4.3.2.3 Диаграмма потока данных	65
4.3.2.4 SADT (EDEF0) модель	67
4.3.2.5 Диаграмма пакетов.....	68
4.3.3 Описание применения программы	70
4.3.3.1 Область применения	70
4.3.3.2 Краткое описание возможностей.....	70
4.3.3.3 Уровень подготовки пользователя.....	70
4.3.3.4 Назначение и условия применения	70
4.3.3.5 Подготовка к работе.....	71
4.3.3.6 Описание операций.....	71
4.3.3.7 Аварийные ситуации	78
4.3.4 Описание результатов работы программы.....	78
Заключение.....	80
Список источников.....	81
Приложение А	86
Приложение Б	89
Приложение В	90
Приложение Г	94
Приложение Д	98
Приложение Е	101

Приложение Ж.....	103
Приложение И.....	104
Приложение К.....	105
Приложение Л.....	107

Введение

Расстановка освещения является одной из важных задач при благоустройстве населенного пункта, а также важным фактором в обеспечении безопасного движения транспортных средств на улицах. С целью её упрощения необходимо разработать автоматизированную систему, которая позволила бы автоматизировать процесс вычисления месторасположения для осветительных приборы с учетом разнообразных ГОСТов, ограничивающих факторов, а также многообразия приборов для освещения.

Для обеспечения же оптимальности выбора необходимо учитывать данные геолокации людей, потому что жители населенных пунктов являются главными их пользователями.

Для возможности использования данной системы на большинстве персональных компьютеров, она должна быть кроссплатформенная.

Результатом данной работы является автоматизированная система, разработанная в виде веб-сайта с легким и понятным интерфейсом, обеспечивающая вышеупомянутый функционал.

1 Постановка задачи

1.1 Литературный и патентный обзор постановки подобных задач.

Анализ стандартных средств и существующих способов решения задачи

1.1.1 Формулировка задачи

В ходе выполнения данной работы необходимо разработать автоматизированную систему для помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц с максимальным суммарным рейтингом. С математической стороны эта задача описывается, как нахождение такого множества I , при котором $\sum_{i \in I} P_i \leq S$ и $\sum_{i \in I} N_i \rightarrow \max$, где I – улицы, P_i – стоимость освещения на i -й улице, S – общий бюджет, N_i – рейтинг i -й улицы.

Сама же автоматизированная система должна:

- работать на большинстве устройств, у которых имеется доступ в интернет (для возможности легкого доступа);
- автоматически расставлять светильные приборы на карте по географическим координатам;
- обеспечить возможность проектирования схемы участков, для которых необходимо освещение;
- обеспечить возможность ввода дополнительных условий анализа (бюджет);
- обеспечить множественный одновременный доступ к системе.

При автоматической расстановке требуется учитывать:

- ГОСТы Российской Федерации по расстановке светильных приборов;
- разнообразие светильных приборов;
- данные геолокации людей;
- смещение потока передвижения людей при принятии решения о выборе улицы для размещения светильных приборов.

1.1.2 Готовые программные продукты

При поиске решений для поставленной задачи, был проведен обзор программных продуктов связанных с расстановкой осветительных приборов.

Один из самых распространённых продуктов является Dialux [1]. Данное приложение является высококачественным комплексом инструментов планирования при проектировании освещения на местности. Данный продукт позволяет планировать, рассчитывать и визуализировать свет как внутри различных комнат, так и снаружи на улицах. Позволяет моделировать освещение с учетом различных погодных факторов.

Плюсами данного продукта является:

- 3D – визуализация освещения;
- собственное проектирование местности;
- учет погодных факторов;
- расстановка осветительных приборов по введенным параметрам.

Также популярным стандартным средством во время планирования освещения является продукт «NanoCAD Электро» [2]. Данное приложение предназначено для проектирования в части силового электрооборудования, внутреннего и наружного электроосвещения промышленных и гражданских объектов.

Плюсами данного продукта являются:

- 3D – визуализация объектов электроснабжения;
- собственное проектирование местности;
- вычисление электротехнических параметров сетей и потребителей.

Также одним из средств, использующимся при проектировании освещения, является приложение «Электроснабжение ЭС/ЭМ» [3]. Данный программный продукт позволяет выполнить расчет освещения с учетом мощности ламп, светильников и прочего оборудования для получения нужного уровня освещенности на любой поверхности. Также бонусом

данного приложения является возможность рисовать карты освещенности для уличного освещения.

Плюсами данного продукта являются:

- собственное проектирование местности и карт освещенности;
- вычисление электротехнических параметров сетей и потребителей.

Мною были рассмотрены три наиболее популярных программных приложения для расчета освещения. У каждого из них есть свои уникальные возможности. При наличии всех плюсов ни одно из данных приложений не может в полной мере решить поставленную задачу.

Минусами данных программ с учетом задачи являются:

- высокие требования по характеристикам к персональному компьютеру при проектировании больших пространств;
- отсутствие возможности автоматической расстановки осветительных приборов с учетом данных геолокации людей.

1.1.3 Данные геолокации

Одним из главных пунктов решения задачи является учет при анализе данных геолокации людей населенного пункта. Эти данные можно получить благодаря мобильной и спутниковой связи (технология GPS [4]). Под мобильной связью подразумевается использование технологий 2G/3G/4G [5] и сотовых вышек. Так как с помощью технологий 2G/3G/4G географические координаты приемника (телефона) имеют погрешность относительно реальной точки от 10 метров и более (зависит от используемой технологии и количеством сотовых вышек), то оптимальным выбором является использование только GPS из-за очень маленькой погрешности. Проблема заключается в том, что данная технология не включена в старые модели телефонов. Данный функционал распространился в общие массы только с появлением современных смартфонов. А так как старые телефоны еще имеются в продаже, следовательно, данные геолокации людей можно получать с помощью любых из данного списка технологий.

Сотовыми вышками заведуют операторы сотовой связи (МТС, Билайн и другие). Следовательно, данные геолокации людей можно получить от операторов связи.

Технология определения местоположения посредством GPS используется во многие приложениях на смартфонах. Примерами данных продуктов является «Яндекс-навигатор», использующий технологию GPS для определения перемещения человека на карте при нахождении оптимального маршрута до выбранной точки. Также одним из примеров продукта является Gmail. Данное приложение используется GPS при сборе статистики перемещения пользователей, а также в случае поиска потерявшегося смартфона.

Проблема в получении данных с помощью GPS с телефона является то, что режим передачи геоданных включается только при согласии пользователя или при включении определенной программы. Во всех остальных случаях данные нечитываются. Данные же с помощью технологии 2G/3G/4G функционируют на телефоне почти круглосуточно, так как являются стандартными протоколами обмена данных между пользователями. Следовательно, данные геолокации людей необходимо получать как от операторов сотовой связи, так и от компаний типа Google.

1.1.4 Осветительные приборы

Осветительные приборы, использующиеся при наружном освещении, делятся на два вида [6]:

- консольные;
- настенные.

По другому признаку они делятся еще на два вида:

- круглосимметричные;
- некруглосимметричные.

Так как при визуальном сборе статистики города при освещении улиц и дорог были замечены лишь некруглосимметричные, то использовать будем

только данный подтип. При выборе среди консольных и настенных будут использоваться только консольные, из-за того что при построении схемы участков для освещения на карте не предусматривается возможность указывать точные габариты и структуру зданий.

1.1.5 ГОСТы при разработке

При разработке алгоритма автоматической расстановки осветительных приборов, необходимо учитывать ГОСТы Российской Федерации по освещению.

При анализе список ГОСТов по освещению были найдены следующие документы:

- ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы (Переиздание) [7];
- ГОСТ Р 55392-2012 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения [8];
- ГОСТ Р 58107.1-2018 Освещение автомобильных дорог общего пользования. Нормы и методы расчета [9];
- ГОСТ 24940-2016 Здания и сооружения [10];
- ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров [11].

ГОСТ Р 55706-2013 будет использоваться в качестве ориентира на определение нормы по освещению [7]. Его альтернативой был ГОСТ 95 года, но ввиду его старости он не используется.

ГОСТ Р 55708-2013 будет использоваться в качестве пособия по расчету нормируемых параметров [11].

ГОСТ Р 58107.1-2018 является дополнением к ГОСТ Р 55706-2013 . Он будет использоваться в виде дополнительной информации по методам расчетов [9].

ГОСТ 24940-2016 будет использоваться для получения дополнительной при специфичных ситуациях в расчетах [10].

ГОСТ Р 55392-2012 дает лишь теоретические сведения по осветительным приборам. При разработке автоматизированной системы он не требуется.

1.1.6 Методы расчета освещения

Методы расчеты освещения необходимы при выборе расположения осветительных приборов. Все подобные методы можно свести к трем основным:

- точечный [12];
- метод светового потока, иначе называемый методом коэффициента использования [12];
- метод удельной мощности [12].

Точечный метод используют для расчета неравномерного освещения: общего локализованного, местного, наружного. Необходимый световой поток осветительной установки определяют исходя из условия, что в любой точке освещаемой поверхности освещённость должна быть не менее нормированной. Отражение от стен, потолка и рабочей поверхности не играет существенной роли.

Метод коэффициента использования не пригоден при расчете локализованного освещения, местного освещения, освещения наклонной или вертикальной поверхности и в случае, когда для отдельных участков освещаемой площади часть установленных светильников затеняется предметами.

Метод удельной мощности применяется для расчета общего равномерного освещения и не пригоден для расчета локализованного освещения. Область применения метода: расчет общего освещения площадью больше 10 м^2 , без громоздкого затеняющего предмета, при общем равномерном расположении светильников и нормировании по всей площади одинаковой освещенности на горизонтальной плоскости.

Рассмотрев все варианты расчета можно сделать вывод. Метод коэффициента использования не имеет смысла использовать ввиду того, что согласно ГОСТу [9] расчет нормируемых показателей можно производить без учета свойств отражения света от объектов. Следовательно, предпочтение падает на данный способ.

1.1.7 Платформы для разработки

При разработке автоматизируемой системы при выборе платформы требуется соблюдать пункт о легкодоступности.

Есть два основных варианта для среды разработки:

- десктоп;
- мобильная среда.

При выборе между двумя платформами выбор падает на десктоп, потому что проектируемая автоматизируемая система предполагает ручное проектирование местности, что будет неудобным на мобильном устройстве.

Так как десктоп подразумевает под собой различные операционные системы, то следует, выбирать под какую из них требуется разрабатывать систему. При просмотре статистики по операционным системам в Российской Федерации были выбраны три популярных операционных системы [13]:

- Windows (56% пользователей);
- Mac (8% пользователей);
- Linux (5% пользователей).

Каждая из данных операционных систем имеет свой круг пользователей. Следовательно, для того чтобы затронуть всех пользователей, необходимо разрабатывать под все вышесказанные операционные системы. Так как данный процесс сложен, то разработка системы будет в виде веб-сайта под популярные браузеры, функционирующие на всех трех операционных системах. По результатам статистики по Российской Федерации были отобраны четыре популярных браузера [13]:

- Google Chrome (66% пользователей);

- Yandex Browser (13% пользователей);
- Opera (7% пользователей);
- Firefox (6% пользователей).

Все данные браузеры функционируют во всех трех операционных системах. Следовательно, разработка веб-сайта будет заключаться под четыре браузера указанных выше.

1.1.8 Технологии при разработке

1.1.8.1 Выбор основных инструментов

При проектировании автоматизированной системы, учитывая ее представление в виде веб-сайта, разработку требуется разделить на две части:

- frontend часть;
- backend часть.

Frontend часть представляет из себя клиентскую часть в виде пользовательского интерфейса.

При разработке frontend в обязательном порядке используется язык разметки HTML [14]. Для стилизации объектов на сайте может использовать:

- CSS [15];
- LESS [16];
- SASS [17].

CSS – это каскадная таблица стилей, которая является стандартным средством при разработке сайта. Альтернативой ему является использование одного из препроцессоров LESS или SASS.

Препроцессор – это язык сценариев, который расширяет CSS, а затем компилирует его обратно в обычный CSS.

SASS - это препроцессор CSS, который помогает уменьшить количество повторений в CSS и в конечном итоге сэкономить время. Он предоставляет некоторые функции, которые могут быть использованы для создания таблиц стилей и помогают поддерживать код. Он считается

надмножеством CSS. В SASS разработчик может легко выбирать свои синтаксисы, а также отходить от правил CSS. В SASS предоставляются циклы и кейсы, которые известны программистам.

LESS также является препроцессором для CSS, который позволяет разработчику настраивать, поддерживать, управлять и повторно использовать таблицы стилей для веб-сайта. LESS написан на JavaScript и очень быстро компилирует данные [18]. Это также помогает сохранять модульность кода и делает его читаемым и легко изменяемым. Также при использовании LESS в функциях можно активировать миксины, когда возникают определенные условия.

Оба препроцессора обладают своими минусами и плюсами. При выборе между ними предпочтение будет отдано в сторону SASS из-за наличия опыта работы с ним.

Также при разработке frontend части требуется использовать клиентский язык программирования для браузера. На данный момент времени являются популярными языками программирования:

- JavaScript [18];
- Dart [19];
- TypeScript [20].

Каждый из данных языков программирования обладает своими определенными особенностями и предназначен для определенной задачи и архитектуры.

Предпочтение в используемом языке будет отдано JavaScript за наличия опыта работы с ним, а также большим сообществом пользователей.

Backend часть представляет из себя серверную часть системы.

При написании backend части можно использовать следующие языки программирования (фреймворки):

- Python (Django) [21];
- PHP [22];

- Java (Spring) [23];
- C# (ASP.NET Core) [24];
- Node JS [25].

Каждый из данных языков программирования обладает своими определенными особенностями и предназначен для определенной задачи и архитектуры.

Предпочтение в используемом языке будет отдано PHP из-за наличия опыта работы с ним, а также большим сообществом пользователей.

1.1.8.2 Выбор дополнительных инструментов

Для реализации frontend части на JavaScript можно воспользоваться одним из фреймворков или реализовать с нуля. Так как данная система не подразумевает под собой многочисленного количества различных интерфейсов, то не имеет смысла брать фреймворк.

В формулировке задачи говорится об обеспечении возможности проектирования схемы участков для освещения. Следовательно, необходим инструментарий для работы с картой, на которой и будет производиться построение схемы.

Отображение карты производится на стороне клиента. Значит необходимо выбрать библиотеку для JavaScript'a, предоставляющую возможность работать с картой.

Работа с картой подразумевает под собой возможность размещать/удалять/редактировать различные геометрические фигуры, расположенные на ней. Также необходима возможность давать геометрическим объектам собственные разнообразные свойства, хранящие дополнительную информацию. Еще необходима возможность выгружать размещенные фигуры в виде GeoJSON [26] формате и загружать в таком же виде.

Во время поиска по вышеуказанным критериям, были найдены следующие библиотеки:

- OpenLayers [27];
- Mapbox [28];
- Google Maps API [29].

Библиотека Mapbox является полностью платной, так что из-за отсутствия бюджета во время разработки, она не подходит. Google Maps API предоставляет бесплатный доступ к карте лишь при небольшом количестве загрузок. В перспективах разрастания проекта данная библиотека также становится платной. Также данное API ограничивается лишь картой от компании Google, что запрещает возможность смены карты. Данная библиотека не является хорошим вариантом для проекта. OpenLayer является полностью бесплатным, обладает хорошей документацией и предоставляет возможность менять сервер, предоставляющий доступ к карте. Так что данная библиотека будет использоваться во время разработки функционала по работе с картой.

Под реализацией данного редактора подразумевается создание большого количества файлов js и sass. Также потребуется подключение дополнительных библиотек: bootstrap и openLayers. Все данные файлы замедляют время открытия страницы при запросе. Для уменьшения времени необходимо собрать все файлы в один, а также произвести их минификацию (поместить в одну строку все данные, убрав все лишние символы). Для этих целей подходит технология Webpack [30].

Для реализации backend части на PHP можно воспользоваться одним из фреймворков или реализовать с нуля. Создание на чистом PHP не является хорошим вариантом, из-за отсутствия глубоких знаний в теме безопасности веб-сайтов. Фреймворки же предоставляют хорошую документацию и возможность настроить веб-приложение по умолчанию с учетом многих известных проблем безопасности.

Имеются три популярных фреймворка на PHP:

- Symfony [31];
- Yii [32];

- Laravel [33].

Каждый из них обладает хорошей документацией, большим сообществом пользователей и хорошими практиками для начального освоения. Вследствие этого выбор является равнозначным, но предпочтение отдается Symfony за счет наличия опыта работы именно с этим фреймворком.

Для быстрого и легкого подключения выше сказанных библиотек и фреймворков можно использовать менеджер пакетов. На стороны backend для PHP имеется только Composer [34], который и будет использоваться. На стороне frontend имеется два возможных менеджера: Npm [35] и Yarn [36]. Оба менеджера исправно выполняют свою работу, но Yarn является более современным, в который добавлены возможности, недоступные в Npm. Следовательно, Yarn будет использоваться как менеджер пакетов для frontend части.

Для обеспечения возможности откатывать изменения в проекте, необходимо использовать систему контроля версий. Для данных целей будет использоваться Git [37], как самая популярная система контроля версий для IT-проектов.

1.1.9 СУБД при разработке

При разработке автоматизированной системы необходимо будет использовать базу данных. Базы данных бывают:

- SQL (реляционные БД) [38];
- NoSQL (не реляционные БД) [39].

В данной задаче требуется хранить объекты реального мира (пользователи системы, карты каждого из пользователей), не требующие вложенной или иерархической структуры, но которым необходима четкая структура хранения. Следовательно, база данных должна быть реляционная.

Для управления базой данных необходимо СУБД. К реляционным СУБД относятся:

- MySQL [40];

- PostgreSQL [38];
- Oracle [41];
- Microsoft SQL Server [42].

СУБД Microsoft SQL Server не будет использована из-за того, что работает только на операционной системе Windows. Под данную задачу подойдет любая из оставшихся СУБД, но предпочтение отдается PostgreSQL из-за его объектно-реляционной структуры, которая позволяет ему заниматься поддержкой пользовательских объектов и их поведений, а также присутствия с ней опыта работы.

1.1.10 Развёртывание системы

При развертывании системы возникают вопрос выбора веб-сервера, на котором будет работать backend часть, написанная на PHP.

Имеются два веб-сервера:

- Apache [43];
- Nginx [44].

Nginx способен к масштабируемости при большой нагрузке на сайт за счет отсутствия процесса создания потока под каждое соединение. Apache же имеет преимущество при большом количестве динамического контента за счет встраивания интерпретатора нужного языка, но в данном проекте его используется по минимуму. Следовательно, главное преимущество Apache становится неиспользуемым. Вследствие этого выбор падает на веб-сервер Nginx.

При развёртывании систем часто используется технология Docker [45]. Данная технология использует подход «контейнеризация», который характеризуется протеканием всех процессов на уровне операционной системы, что позволяет существенно экономить ресурсы и увеличить эффективность работы с приложением. Также одним из преимуществ является возможность быстрого развертывания системы на любой

операционной системе. Данная технология также будет использоваться при развертывании проектируемой системы.

1.2 Объекты управления, информационные объекты и автоматизируемые процессы. Пользователи и внешние сущности

1.2.1 Информационные объекты

В роли информационных объектов выступают данные геолокации пользователей, а также данные по осветительным приборам.

1.2.2 Автоматизируемые процессы

К автоматизируемым процессам относятся:

- ведение единой базы пользователей;
- построение схем улиц для освещения;
- расстановка осветительных приборов.

1.2.3 Пользователи

Пользователи системы:

1. Оператор. Данным пользователем может выступать, инженер по проектированию системы освещения, так как в ходе работы с системой, необходимо обладать знаниями специфичной работы, связанной с размещением осветительных приборов

2. Администратор веб-сайта. Данным пользователем является создатель системы. Данная роль позволяет пользоваться функционалом для администрирования.

1.2.4 Внешние сущности

Внешние сущности системы:

1. Пользователь.
2. Данные геолокации людей. Файл, содержащий информацию о местоположении людей в конкретное время.
3. Данные по осветительным приборам. Файл, содержащий данные по характеристикам приборов освещения.

1.3 Цели разработки, функции системы, ограничения и критерии оценки результатов

1.3.1 Цели разработки

Разработать автоматизированную систему для помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц с максимальным суммарным рейтингом.

1.3.2 Функции системы

Система должна обладать следующим функционалом:

- ведение единой базы пользователей;
- предоставление редактора карты для построения схем улиц;
- возможность загрузки данных геолокации людей и осветительных приборов;
- расстановка источников освещения на карте;
- ввод параметров расстановки;
- генерация отчета по итогам анализа.

1.3.3 Требования к средствам разработки

При написании исходного кода должны использоваться следующие программные инструменты:

- СУБД PostgreSQL [35];
- менеджер пакетов для frontend части Yarn [36];

- менеджер пакетов для backend части Composer [34];
- система контроля версий Git [37];
- сборщик модулей Webpack [30].

1.3.4 Требования к используемым компонентам и библиотекам

Исходный код программы, отвечающий за анализ построения оптимального расположения источников освещения, должен быть реализован на стороне backend на языке PHP [22] с использованием фреймворка Symfony [31].

Исходный код программы, отвечающий за взаимодействие пользователя с системой, должен быть реализован на стороне frontend на языке JavaScript [18] с использованием языка разметки HTML [14], препроцессора SASS [17], а также библиотеки OpenLayers [27].

1.3.5 Требования к среде выполнения

Web приложение должно корректно отображаться и функционировать в браузерах: Google Chrome, Opera, Yandex Browser, Firefox.

1.3.6 Требования к развертыванию

При развертывании системы веб-сервером должен выступать Nginx [44], контейнеризованный с помощью технологии Docker [45].

1.3.7 Требования к используемым осветительным приборам

При расстановке разрешается использовать только консольные некруглосимметричные осветительные приборы.

1.3.8 Требования к безопасности

Система должна функционировать в многопользовательском режиме, поэтому каждый пользователь должен иметь свой логин и пароль для доступа в систему. Также должна быть возможность регистрации пользователей.

1.3.9 Требования к методу расчет освещения

При вычислении освещения необходимо использовать точечный метод.

1.3.10 Требования к использующимся ГОСТам

При разработке алгоритма расстановки осветительных приборов необходимо учитывать следующие ГОСТы:

- ГОСТ Р 55706-2013 [7];
- ГОСТ Р 55708-2013 [11];
- ГОСТ Р 58107.1-2018 [9];
- ГОСТ 24940-2016 [10];
- ГОСТ Р 55392-2012 [8].

1.3.11 Требования к получению данных геолокации

При разработке системы необходимо наличие данных геолокации, которые требуется получать от операторов связи, так и от больших компаний, владеющих данной информацией (Google, Яндекс).

1.3.12 Критерии оценки результатов

К основным критериям оценки при проектировании системы относятся:

- полнота реализации заданного функционала;
- правильность решения поставленной задачи.

Критерием оптимальности решения поставленной задачи выступает «Суммарный рейтинг улиц». Чем он больше при одинаковых данных и ограничениях, тем решение лучше.

2 Изучение и моделирование предметной области

2.1 Выявление основных понятий и процессов, их свойств и закономерностей. Построение ER-диаграммы предметной области

2.1.1 Основные понятия

Категория объекта - градостроительная характеристика объекта улично-дорожной сети, определяемая значимостью объекта и его размещением в пределах территории населенного пункта [7].

Дорога - обустроенная и используемая для движения транспортных средств и пешеходов полоса земли либо поверхность искусственного сооружения [7].

Улица - пространство, полностью или частично ограниченное зданиями с одной или обеих сторон, с проездной частью для транспорта, с пешеходными и велосипедными дорожками [7].

Норма средней освещенности \bar{E}_h - освещенность на дорожном покрытии, усредненная по заданному участку дороги [7].

Сила света – величина, характеризующая световую энергию, переносимой в некотором направлении [7].

Световой поток Φ - это качество излучаемого света, измеряемое в люменах. Этот показатель используется для определения освещенности на квадратный метр [7].

Кривая силы света - это графическое изображение распределения светового потока светильника в пространстве [7].

Равномерное распределение – распределение случайной вещественной величины, принимающая значения, принадлежащие некоторому промежутку конечной длины, характеризующаяся тем, что плотность вероятности на этом промежутке почти всюду постоянна [12].

Неравномерное освещение – явление, при котором в исследуемой местности точки расчета имеют разную освещенность [12].

Общее локализованное освещение (неравномерное) – освещение, при котором обеспечивается равномерное распределение светового потока с учетом расположения любых объектов [12].

Местное освещение – дополнительное освещение в конкретном местоположении [12].

Общее равномерное освещение U_h – освещение, при котором обеспечивается равномерное распределение светового потока без учета расположения любых объектов [12].

Изолюкс – линия на поверхности, соединяющая точки с одинаковой освещенностью [46].

Классы по освещению объектов улично-дорожной сети представлены в приложении А.

Классы по освещению пешеходных пространств предоставлены в приложении Б.

Нормы освещения проезжей части приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы освещения для городского поселения [7]

Категория объекта	Класс объекта по освещению	\bar{E}_h , лк, не менее	U_h , не менее
А	A1	30	0,35
	A2	20	
	A3		
	A4		
Б	Б1		0,25
	Б2	15	
В	В1		0,25
	В2	10	
	В3	6	

Нормы освещения пешеходных пространств приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы освещения пешеходных пространств [7]

Классы объекта	\bar{E}_h , лк, не менее	U_h , не менее
П1	20	0,3
	10	
П3	6	0,2
	4	
П5	2	0,1
	1	

Высота установки осветительных приборов приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Высота установки осветительных приборов [10]

Светораспределение осветительных приборов	Наибольший световой поток ламп в осветительных приборах, установленных на одной опоре, лм	Наименьшая высота установки осветительных приборов, м
полуширокое (зона максимальной силы света 35-55 градусов)	менее 6000	7,0
	от 6000 до 10000	7,5
	от 10000 до 20000	8,0
	от 20000 до 30000	9,0
	от 30000 до 40000	10,0
	свыше 40000	11,5
широкое (зона максимальной силы света 55-85 градусов)	менее 6000	7,5
	от 6000 до 10000	8,5
	от 10000 до 20000	9,5
	от 20000 до 30000	10,5
	от 30000 до 40000	11,5
	свыше 40000	13

2.1.2 ER-диаграмма предметной области

Модель данных предметной области представлена в виде ER-диаграммы в нотации Чена на рисунке 1.

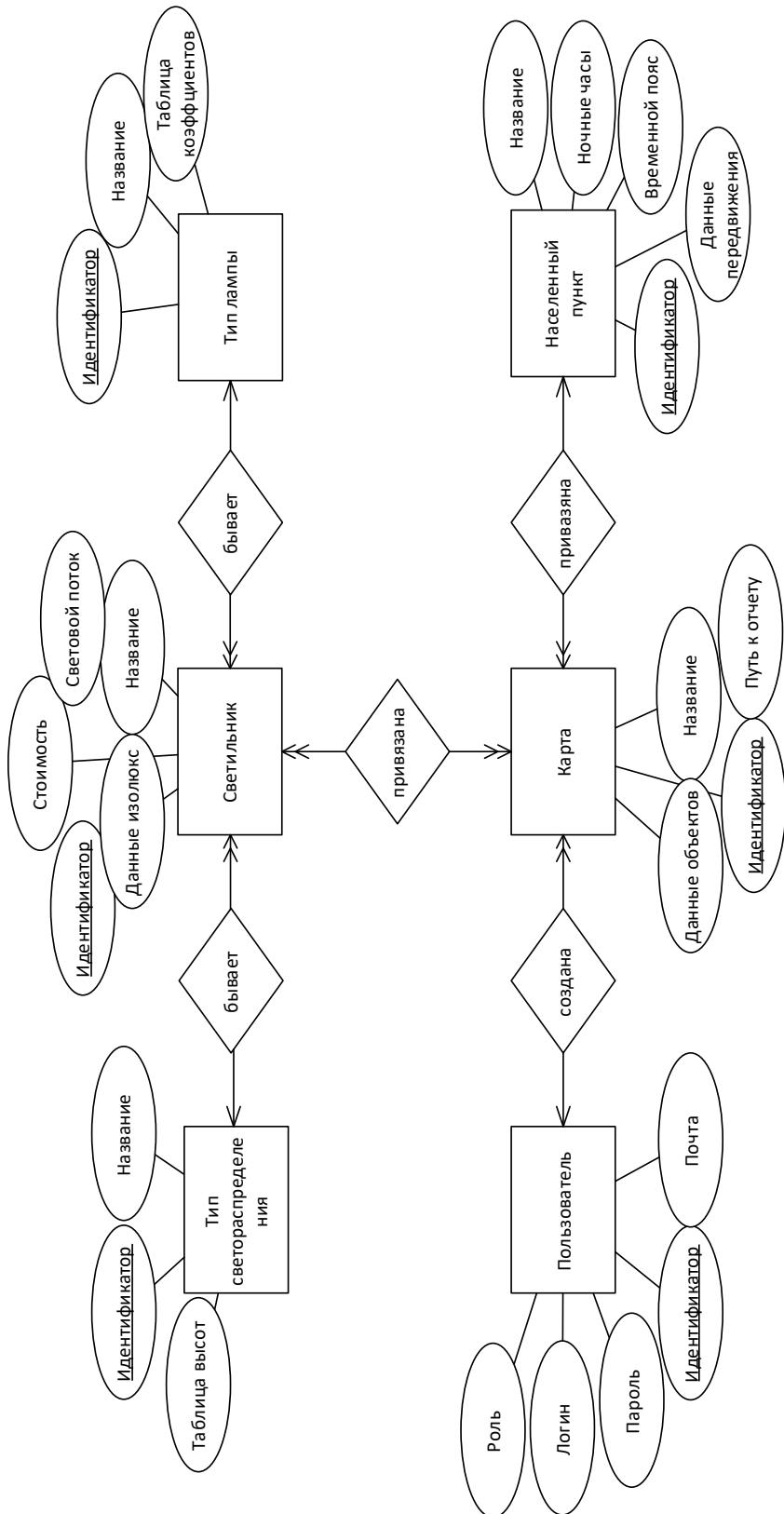


Рисунок – 1 ER-диаграмма

2.2 Теоретическое изучение предметной области. Построение теоретических математических моделей

2.2.1 Данные геолокации

2.2.1.1 Структура данных

Для расстановки осветительных приборов требуется большой набор геоданных. Так как из-за конфиденциальности информации я не могу получить геоданные, следовательно, они будут сгенерированы посредством собственного алгоритма. Для изучения реальных структур при хранении геоданных обратимся к продукции компании Google. Функционал аккаунта программы Gmail позволяет сохранять историю местоположений телефона с помощью технологии A-GPS [47].

Структура хранения геоданных у компании Google имеет следующий формат [48]:

- locations – все записи о местоположении;
- timestampMs (int64) – временная метка (UTC) в миллисекундах, соответствующая моменту, когда система зафиксировала ваше пребывание в определенном месте;
- latitudeE7 (int32) – широта местоположения в градусах, умноженная на 10^7 и округленная до ближайшего целого числа;
- longitudeE7 (int32) – долгота местоположения в градусах, умноженная на 10^7 и округленная до ближайшего целого числа;
- accuracy (int32) – точность примерного местоположения (радиус в метрах);
- velocity (int32) – скорость движения в метрах в секунду;
- heading (int32) – направление движения, выраженное в градусах к востоку от географического севера;
- altitude (int32) – высота положения в метрах относительно референц-эллипсоида;

- verticalAccuracy (int32) – точность положения в вертикальной плоскости в метрах;
- activity – информация о действиях в указанном месте;
- timestampMs (int64) – временная метка (UTC) в миллисекундах, соответствующая моменту, когда система зафиксировала действие;
- type – описание типа действия;
- confidence (int32) – достоверность определения типа действия.

Широта и долгота предоставлены в координатах проекции WGS 84 [49]. Промежуток времени, между получением очередной локации человека, равняется 5-ти минутам, если возможно установить соединение.

Учитывая изученную информацию, генерация будет производиться по структуре, отраженной на рисунке 2.

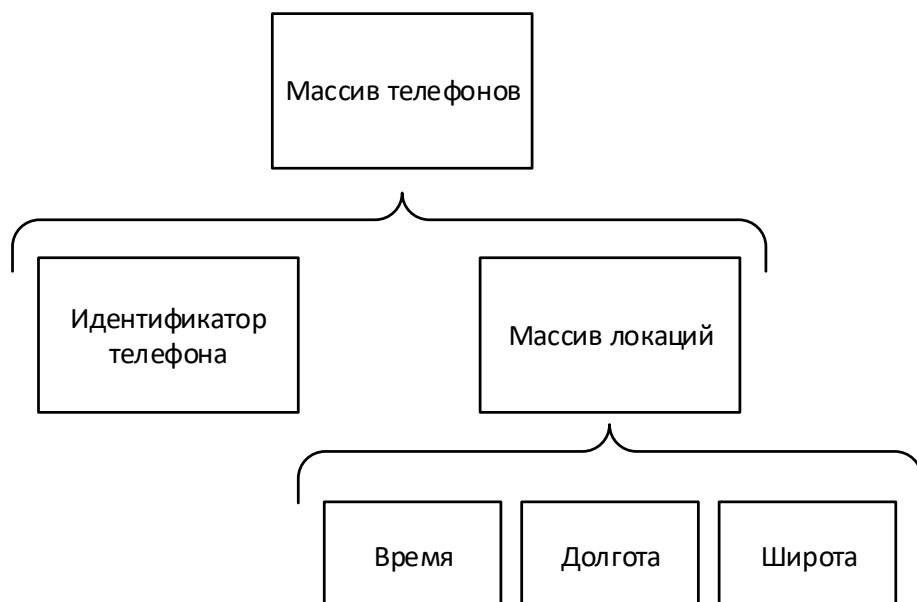


Рисунок 2 – Структура геоданных

2.2.1.2 Генерация данных

Генерация данных будет производиться в виде получения псевдослучайных чисел посредством стандартных средств языка программирования для следующих полей:

- временная метка (время не раньше 2019 года, промежуток между метками 5 минут);

- широта (не выходит за границы населенного пункта);
- долгота (не выходит за границы населенного пункта).

Все данные поля будет генерироваться по закону равномерного распределения.

2.2.1.3 Очистка данных

После получения данных необходимо удалить из них лишние. Под этим подразумеваются:

1. Данные, при которых человек располагается в пределах одной улицы больше 60 минут. Требуется их удаление из-за необходимости приравнять количество посещений локаций у всех людей по времени и по улицам (количество локаций у людей может различаться). При этом необходимо сохранить одно посещение этой улицы за 60 минут данным человеком.

2. Данные, временная метка которых попадает на дневное время в соответствии с часовым поясом и временем года. Требуется их удаление, так как освещение требуется лишь в ночное время.

2.2.1.4 Усреднение данных

После удаления лишних данных у нас имеется точное количество привязанных людей за каждый час к каждой улице. Так как нам требуется найти как часто посещаемые, так и редко посещаемые места человека за определенный промежуток времени (1 месяц, 1 год), то необходимо воспользоваться средним арифметическим, так как она оценивает среднее значение, учитывая влияние выбросов в выборке. Следовательно, нам требуется найти вначале усредненные данные за ночной час, а после за 1 день. Затем на основе полученных данных получить среднее арифметическое за 1 месяц. Далее по аналогии получаем за 1 год.

После нахождения за 1 год, геоданные будут применяться для нахождения рейтинга улиц.

2.2.2 Определение рейтинга улиц (дорог)

Рейтинг улиц необходим для выбора приоритетных объектов при освещении, так как имеется ограничение от пользователя в виде параметра «бюджет», который описывает максимально возможную стоимость общей закупки всех осветительных приборов.

Составление рейтинга улиц строится на следующих факторах:

- данные геолокации людей;
- приоритеты освещения улиц в зависимости от ее категории.

Данные геолокации людей будут участвовать в определении рейтинга, как измерительная мера. То есть чем больше людей принадлежит конкретной улице, тем выше ее рейтинг. Принадлежность определяется как расстояние в метрах от человека до исследуемой улицы. Вычисление производится по формуле нахождения расстояния от точки до прямой [50].

Приоритеты освещения будут соответствовать рейтингу согласно таблицам 1-2. То есть чем больше для данной категории улицы требуется $\overline{E_h}$, тем она приоритетней.

Общая формула имеет следующий вид:

$$N_i = C_i * E_i, \quad (1)$$

где N_i – рейтинг -ой улицы,

C_i - количество принадлежащих людей –ой улице,

E_i – табличное значение E_h –ой улицы.

При этом необходимо учитывать погрешность при сравнении улиц. Улицы будут считаться равнозначными по рейтингу, если процентное отличие между двумя величинами не превышает 5%. Процентное отличие будет вычисляться по следующей формуле:

$$X = 100 - \frac{N_i * 100}{N_j}, \quad (2)$$

где X – процентное отличие,

$N_{i,j}$ – рейтинг соответствующей улицы (N_i меньше N_j).

Также если улицы являются равнозначными, то N_i начинает равняться N_j ($N_{i,j}$ – рейтинг соответствующей улицы (N_i меньше N_j)).

2.2.3 Прогнозирование смещения

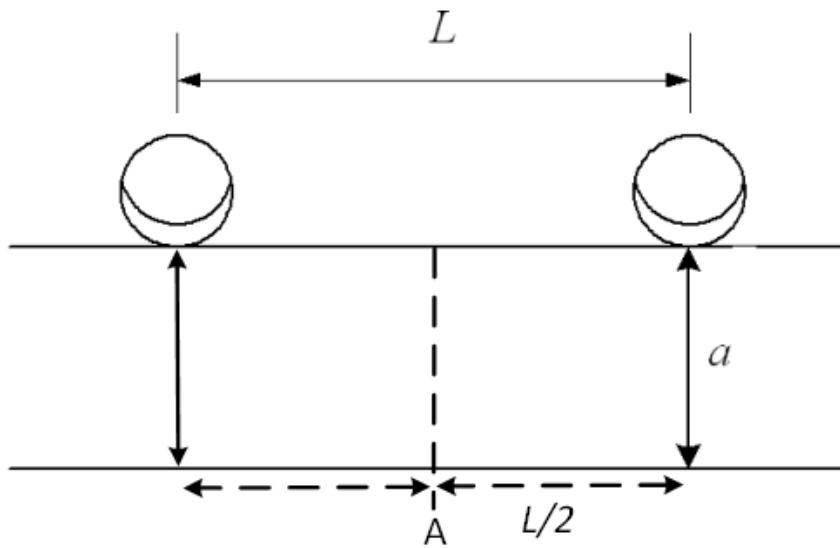
Под прогнозированием смещения людей подразумевается определение среди равнозначных улиц той, на которую после установки осветительных приборов сместится большая часть потока по сравнению с альтернативным вариантом.

Для определения приоритетной улицы система будет вычислять расстояние между равнозначными объектами и ближайшей улицей с более высоким рейтингом. Приоритеты в выборе будут предоставлены в порядке близости расположения. То есть чем ближе сравниваемая улица к улице высокого рейтинга, тем больше приоритет.

Так как данный подход не решает 100% случаев при равнозначности улиц, окончательное решение при выборе приоритетной будет делать оператор. Автоматизированная система будет лишь подсказывать приоритетный вариант (по возможности).

2.2.4 Расстановка осветительных приборов

Для размещения осветительных приборов на улице необходимо вычислить расстояние между осветительными приборами. Для этого будет применен точечный метод по расчету освещения. На рисунке 3 представлена расчётная схема для определения расстояния между светильниками



L – расстояние между светильниками; а – ширина дороги; А – линия между светильниками с минимальной нормативной освещенностью

Рисунок 3 – Расположение светильников

Шаги по вычислению расстояния между двумя светильниками [46]:

1. Находим коэффициент ρ^3 и ξ . Для этого необходимо рассчитать отношения $\frac{x}{h}$, где x – половина ширины дороги, h - высота установки светильника. Затем по таблице 4, интерполируя найденную величину, получить необходимые коэффициенты.

Таблица 4 - Таблица для расчета освещения от консольных некруглосимметричных светильников наружного освещения, наклоненных на угол около 15-20° [46]

$X : h$	ξ	ρ^3	Значение η при $y : h$ равном																				
			0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
-0,6	-1,22	0,40	0	0,27	0,55	0,83	1,09	1,35	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,28	3,55	3,82	4,1	4,37	4,64	4,92	5,19	5,46
-0,4	-0,89	0,52	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,24	1,5	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,5	3,75	4,00	4,25	4,5	4,75	5,00
-0,2	-0,61	0,66	0	0,23	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61	1,84	2,07	2,30	2,53	2,76	2,99	3,22	3,45	3,68	3,91	4,14	4,37	4,60
0	-0,36	0,83	0	0,21	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49	1,70	1,92	2,13	2,34	2,56	2,77	2,98	3,20	3,41	3,62	3,83	4,05	4,26
0,2	-0,15	1,02	0	0,20	0,40	0,59	0,79	1,00	1,19	1,39	1,58	1,78	1,98	2,18	2,38	2,57	2,77	2,97	3,17	3,37	3,56	3,76	3,96
0,4	+0,03	1,24	0	0,18	0,37	0,56	0,74	0,93	1,11	1,30	1,48	1,66	1,85	2,04	2,22	2,40	2,59	2,78	2,96	3,14	3,33	3,52	3,70
0,6	0,19	1,50	0	0,18	0,35	0,52	0,70	0,87	1,05	1,22	1,40	1,58	1,75	1,92	2,10	2,28	2,45	2,62	2,80	2,98	3,15	3,32	3,50
0,8	0,34	1,78	0	0,16	0,33	0,50	0,66	0,82	0,99	1,16	1,32	1,48	1,65	1,82	1,98	2,14	2,31	2,48	2,64	2,80	2,97	3,14	3,30
1,0	0,46	2,10	0	0,16	0,31	0,47	0,62	0,78	0,94	1,09	1,25	1,40	1,56	1,72	1,87	2,03	2,18	2,34	2,50	2,65	2,81	2,96	3,12
1,2	0,58	2,45	0	0,15	0,30	0,44	0,59	0,74	0,89	1,04	1,18	1,33	1,48	1,63	1,78	1,92	2,07	2,22	2,37	2,52	2,66	2,81	2,96
1,4	0,69	2,85	0	0,14	0,28	0,42	0,56	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27	1,41	1,53	1,69	1,83	1,97	2,12	2,26	2,40	2,54	2,68	2,82
1,6	0,78	3,27	0	0,14	0,27	0,40	0,54	0,68	0,81	0,94	1,08	1,22	1,35	1,48	1,62	1,76	1,89	2,02	2,16	2,30	2,43	2,56	2,70
1,8	0,87	3,76	0	0,13	0,26	0,39	0,52	0,64	0,77	0,90	1,03	1,16	1,29	1,42	1,55	1,68	1,81	1,94	2,06	2,19	2,32	2,45	2,58
2,0	0,94	4,27	0	0,12	0,25	0,37	0,49	0,62	0,74	0,86	0,98	1,11	1,23	1,35	1,48	1,60	1,72	1,84	1,97	2,09	2,21	2,34	2,46
2,2	1,02	4,83	0	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,83	0,94	1,06	1,18	1,30	1,42	1,53	1,65	1,77	1,89	2,01	2,12	2,24	2,36
2,4	1,09	5,45	0	0,11	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,91	1,02	1,14	1,25	1,36	1,48	1,59	1,70	1,82	1,93	2,04	2,16	2,27
2,6	1,15	6,13	0	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,74	1,85	1,96	2,07	2,18
2,8	1,21	6,85	0	0,10	0,21	0,32	0,42	0,53	0,63	0,74	0,84	0,95	1,06	1,16	1,26	1,37	1,48	1,58	1,69	1,79	1,90	2,00	2,11
3,0	1,26	7,60	0	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51	0,61	0,71	0,82	0,92	1,02	1,12	1,22	1,33	1,43	1,53	1,63	1,73	1,84	1,94	2,04

2. Находим суммарную относительную освещённость по следующей формуле:

$$\sum E = \frac{1000 * E_H * K_3 * h^2 * \rho^3}{\Phi_L},$$

где E_H – нормативная минимальная освещенность (согласно ГОСТу [10] минимальная освещенность не может быть отличаться от средней освещенности более чем на 10%),

K_3 – коэффициент запаса лампы,

h - высота установки светильника,

ρ^3 - табличный коэффициент,

Φ_L – световой поток лампы.

3. Находим минимальную освещенность одного светильника по следующей формуле:

$$E = \frac{\sum E}{n},$$

где $\sum E$ – суммарная освещенность,

n - количество светильников, границы освещения которых совпадают ($n = 2$).

4. По графику условных изолюкс по выбранному светильнику прибору с помощью величин E и ζ определяем коэффициент η .

5. По найденному коэффициенту, интерполируя данные по таблице 6, находим отношение $\frac{y}{h}$.

6. Находим шаг светильника L (в метрах) по следующей формуле:

$$L = 2 * y,$$

где y – числитель отношения, найденного в 5 шаге.

После нахождения шага расстановки светильников приборов требуется рассчитать количество необходимых фонарей по следующей формуле:

$$C = \frac{SL}{L},$$

где С – количество фонарей,

SL – длина улицы в метрах,

L – расстояние между фонарями в метрах.

Данный подход позволит расставить осветительные приборы с учетом ГОСТов.

2.3 Экспериментальное изучение предметной области. Построение эмпирических математических моделей

2.3.1 Данные геолокации

2.3.1.1 Тестовая модель представления реальных данных на карте

Фрагмент реальных данных в формате Json [51] предоставлен на рисунке 4.

```
{
  "locations" : [
    {
      "timestampMs" : "1421182184941",
      "latitudeE7" : 527460014,
      "longitudeE7" : 383223948,
      "accuracy" : 173,
      "activity" : [
        {
          "timestampMs" : "1421182137195",
          "activity" : [
            {
              "type" : "TILTING",
              "confidence" : 100
            }
          ]
        },
        {
          "timestampMs" : "1421182150142",
          "activity" : [
            {
              "type" : "STILL",
              "confidence" : 42
            },
            {
              "type" : "UNKNOWN",
              "confidence" : 39
            },
            {
              "type" : "IN_VEHICLE",
              "confidence" : 18
            },
            {
              "type" : "ON_BICYCLE",
              "confidence" : 2
            }
          ]
        }
      ],
      "timestampMs" : "1421182245099",
      "latitudeE7" : 527460014,
      "longitudeE7" : 383223948,
      "accuracy" : 10
    },
    {
      "timestampMs" : "1421182290236",
      "latitudeE7" : 527460014,
      "longitudeE7" : 383223948,
      "accuracy" : 173
    }
  ]
}
```

Рисунок 4 – Фрагмент данных из истории местоположения

Пример отображения местоположений (по фрагменту реальных данных) представлен на рисунке 5 с помощью карты от Google.



Рисунок 5 – Отображение местоположений

2.3.1.2 Алгоритм генерации

Алгоритм генерации предоставлен на рисунке 6.

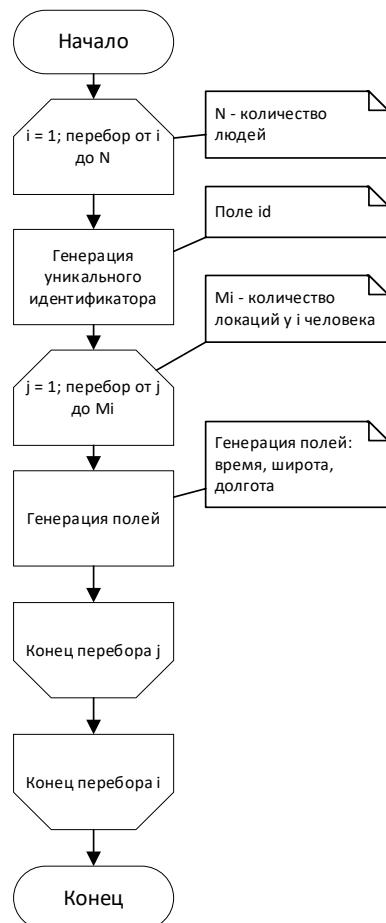


Рисунок 6 – Алгоритм генерации данных

2.3.1.3 Алгоритм очистки

Алгоритм очистки данных от локаций с дневным временем предоставлен на рисунке 7.

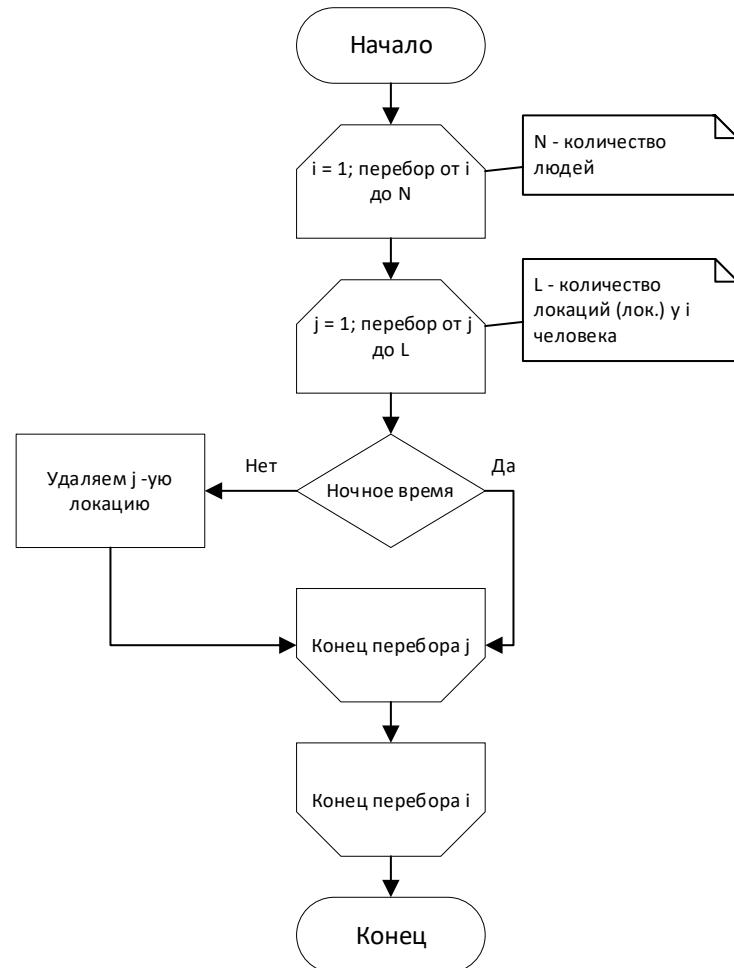


Рисунок 7 – Алгоритм очистки данных от дневного времени

Алгоритм очистки данных от одинаковых локаций в течение 60 минут предоставлен на рисунке 8.

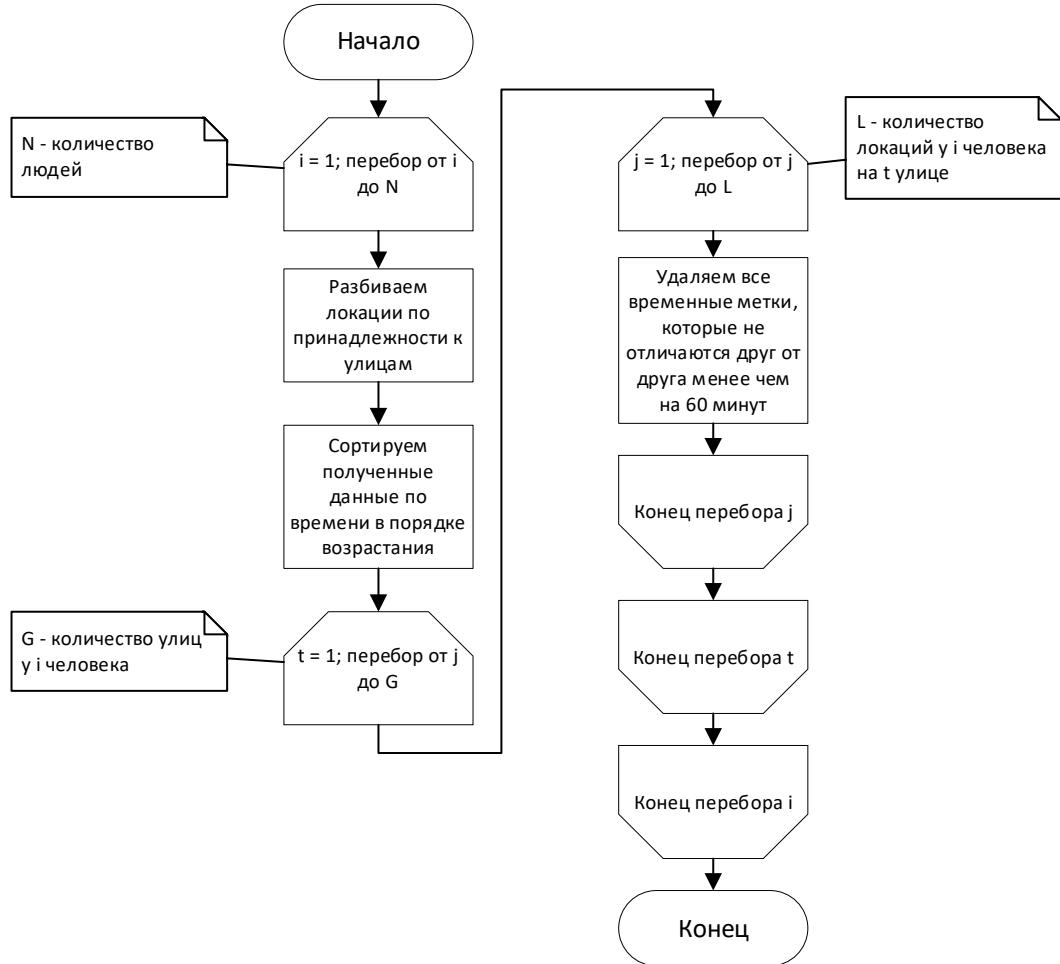


Рисунок 8 – Алгоритм очистки данных от одинаковых локаций

2.3.2 Тестовая модель определения рейтинга улиц

При проведении анализа нахождения рейтинга улиц была построена модель. На рисунке 9 представлена тестовая модель для определения рейтинга улиц.

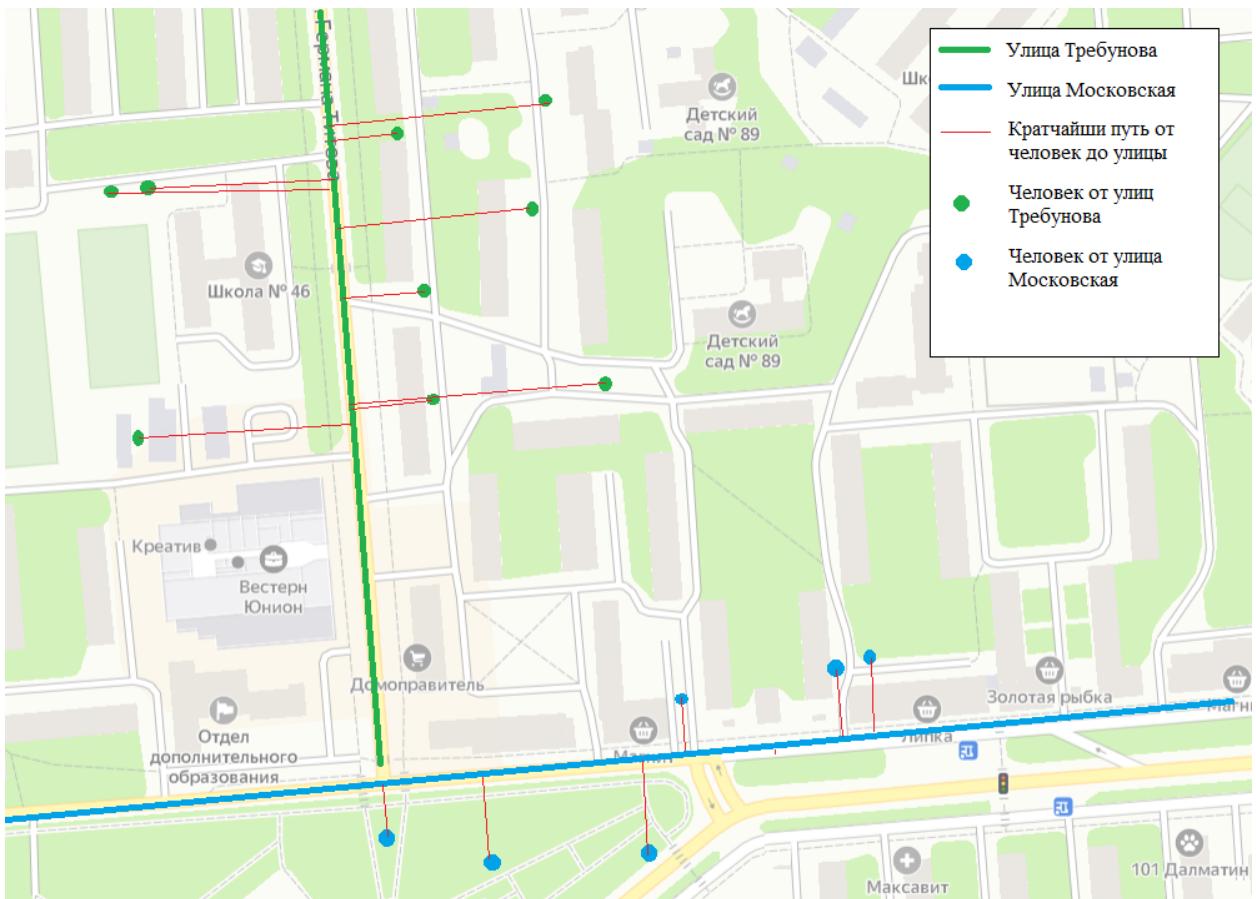


Рисунок 9 – Тестовая модель для определения рейтинга улиц

Характеристика данной модели представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика модели определения рейтинга улиц

Название улицы	Тип	Средняя освещенность по ГОСТу	Количество привязанных людей	Посчитанный рейтинг по формуле (1)
Московская	Б1	20	6	12
Требунова	Б2	15	9	13.5

Находим процентное отличие по формуле (2).

$$\text{Так как } 12 < 13.5, \text{ следовательно, } 100 - \frac{12*100}{13.5} \approx 13\%.$$

Процентное отличие более 5%. Следовательно, определять смещение не требуется.

Результатом стал список по рейтингу в порядке уменьшения:

1. Улица Требунова (рейтинг 13.5).
2. Улица Московская (рейтинг 12).

2.3.3 Тестовая модель определения рейтинга улиц со смещением

При проведении анализа нахождения рейтинга улиц, учитывая смещение, была построена модель. На рисунке 10 представлена тестовая модель для определения рейтинга улиц со смещением.

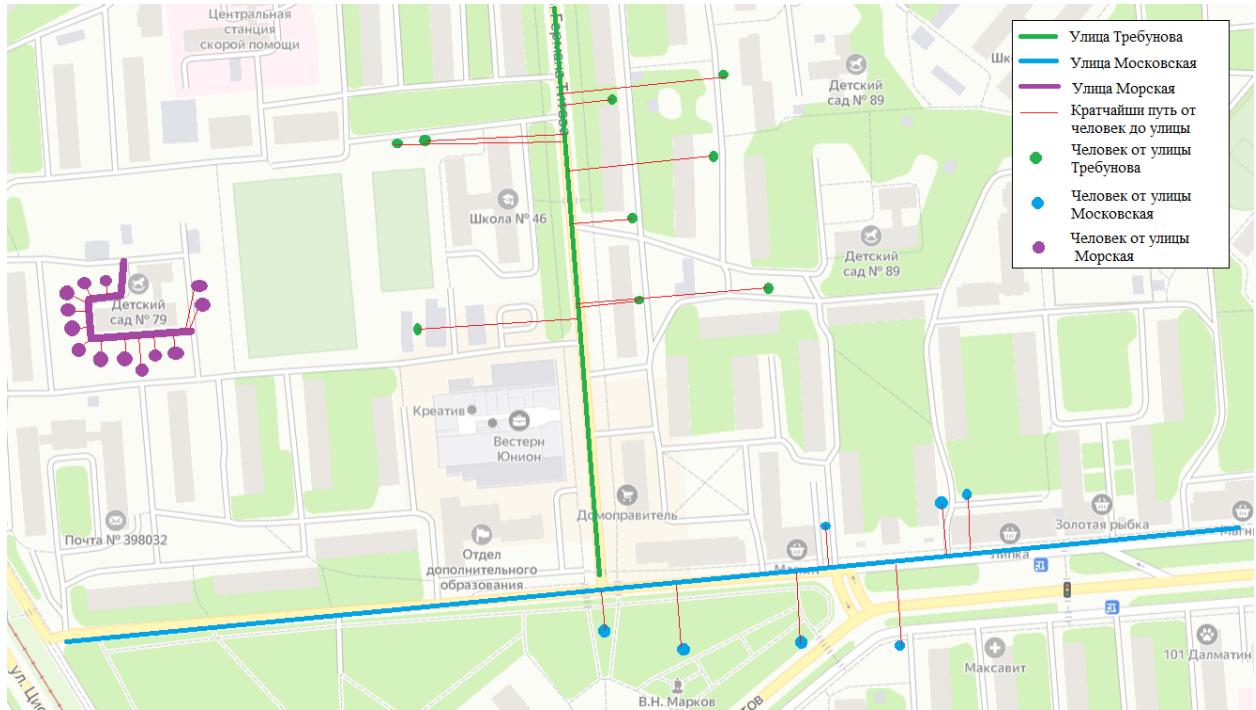


Рисунок 10 – Тестовая модель для определения рейтинга улиц со смещением

Характеристика данной модели представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика модели определения рейтинга улиц

Название улицы	Тип	Средняя освещенность по ГОСТу	Количество привязанных людей	Посчитанный рейтинг по формуле (1)
Московская	Б1	20	7	14
Требунова	Б2	15	9	13,5
Морская	П1	20	13	26

Находим процентное отличие по формуле (2).

$$\text{Так как } 13.5 < 14, \text{ следовательно, } 100 - \frac{13.5 * 100}{14} \approx 3.6\%.$$

Процентное отличие менее 5%. Следовательно, требуется определить приоритетную улицу между Московской улицей и улицей Требунова. Для этого необходимо найти минимальную длину между улицей Морской и сравниваемой с помощью формулы нахождения расстояния от точки до прямой [50]. Результатом данных вычислений будет, что расстояние от

Московской до Морской меньше, чем от Требуновой до Морской. Следовательно, рейтинг улиц будет выглядеть следующим образом:

1. Улица Морская (рейтинг 26).
2. Улица Московская (рейтинг 14).
3. Улица Требунова (рейтинг 14).

2.3.4 Тестовая модель расстановки

При проведении анализа нахождения количества фонарей было составлено две тестовых модели с одинаковым показателем бюджета и рейтингом улиц.

На рисунке 11 представлена первая тестовая модель расстановки осветительных приборов.

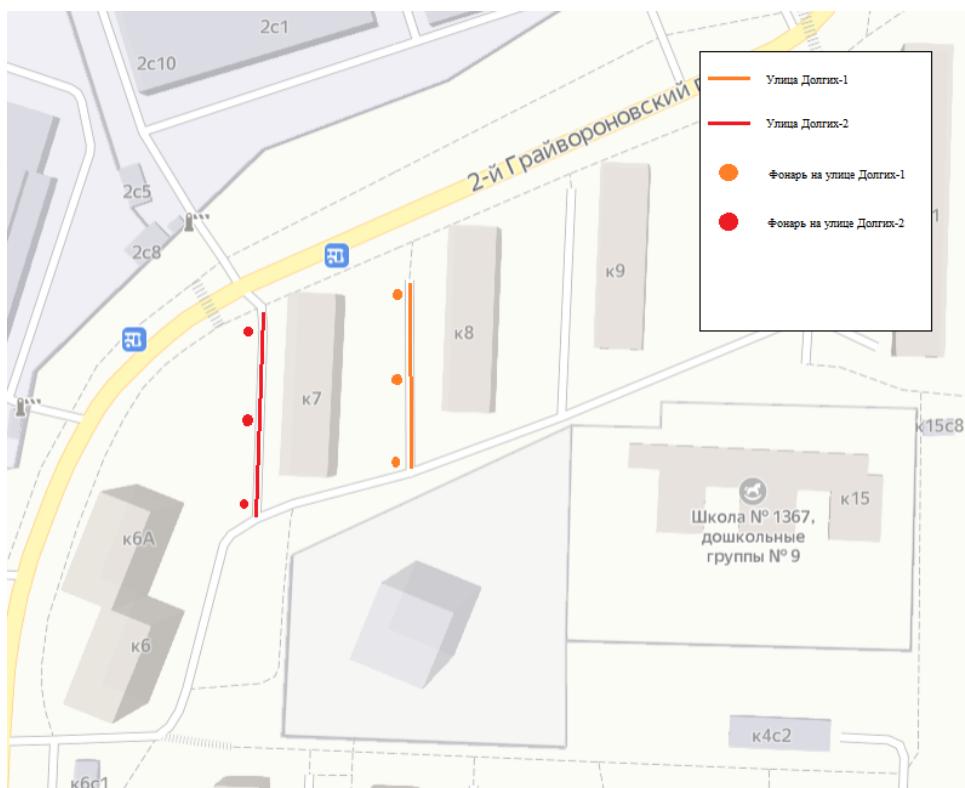


Рисунок 11 – Первая тестовая модель расстановки осветительных приборов

Характеристика данной модели предоставлена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика первой модели расстановки осветительных приборов

Параметр бюджета, руб.	45 000					
Название улицы	Количество расставленных фонарей	Название фонаря	Название лампы	Стоимость, руб.	Высота столба фонаря, м	Рейтинг улицы
Долгих-1	3	РГТ-65	ТП-1000	7 200	8	24
Долгих-2	3	РГТ-65	ТП-1000	7 200	8	15

Общая стоимость закупки осветительных приборов равняется $6 \cdot 7200 = 43\,200$ рублей. Данная сумма укладывается в 45 000 рублей.

Общий рейтинг улиц, затронутых при расстановке освещения при заданном бюджете, равняется $24+15=39$.

На рисунке 12 представлена вторая тестовая модель расстановки осветительных приборов.

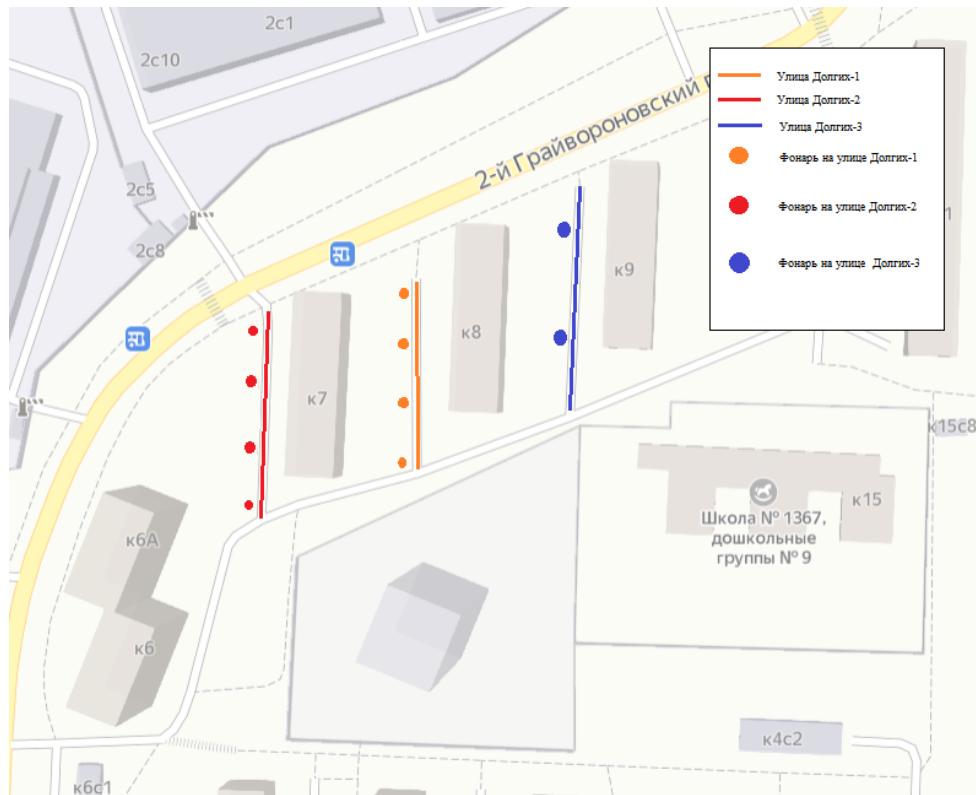


Рисунок 12 – Вторая тестовая модель расстановки осветительных приборов

Характеристика данной модели представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристика второй модели расстановки осветительных приборов

Параметр бюджет, руб.	45 000					
Название улицы	Количество расставленных фонарей	Название фонаря	Название лампы	Стоимость фонаря, руб.	Высота столба фонаря, м	Рейтинг улицы
Долгих-1	4	ФНИ-2	ТП-1000	3 600	7	24
Долгих-2	4	ФНИ-2	ТП-1000	3 600	7	15
Долгих-3	2	ГНУ-1457	ТП-1000	7 450	10	8

Общая стоимость закупки осветительных приборов равняется $8*3600 + 2*7450 = 43\ 700$ рублей. Данная сумма укладывается в 45 000 рублей.

Общая площадь улиц, затронутых при расстановке освещения при заданном бюджете, равняется $24+15+8 = 47$.

Вторая тестовая модель показала больший общий рейтинг.

Следовательно, данная модель является лучшей по сравнению с первой.

3 Разработка информационной базы для решения задачи

3.1 Построение концептуальной и физической модели данных

Концептуальная модель базы данных представлена на рисунке 13.

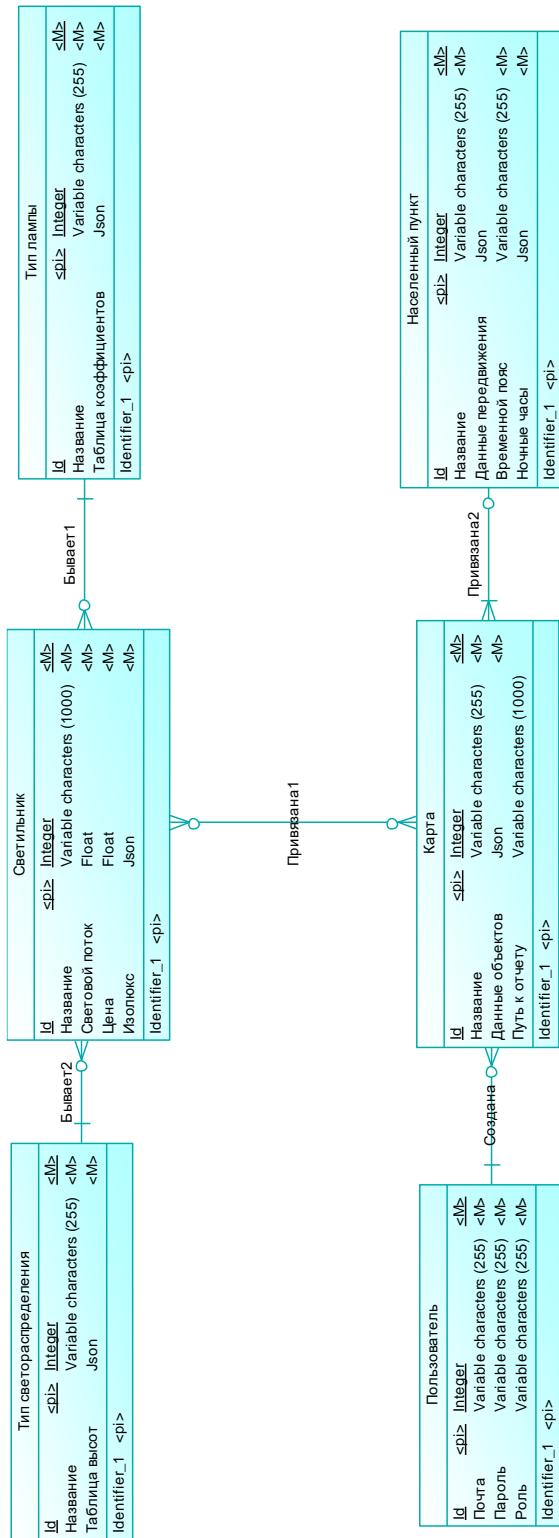


Рисунок 13 – Концептуальная модель

Спецификация концептуальной модели представлена в приложении В.

Физическая модель базы данных представлена на рисунке 14.

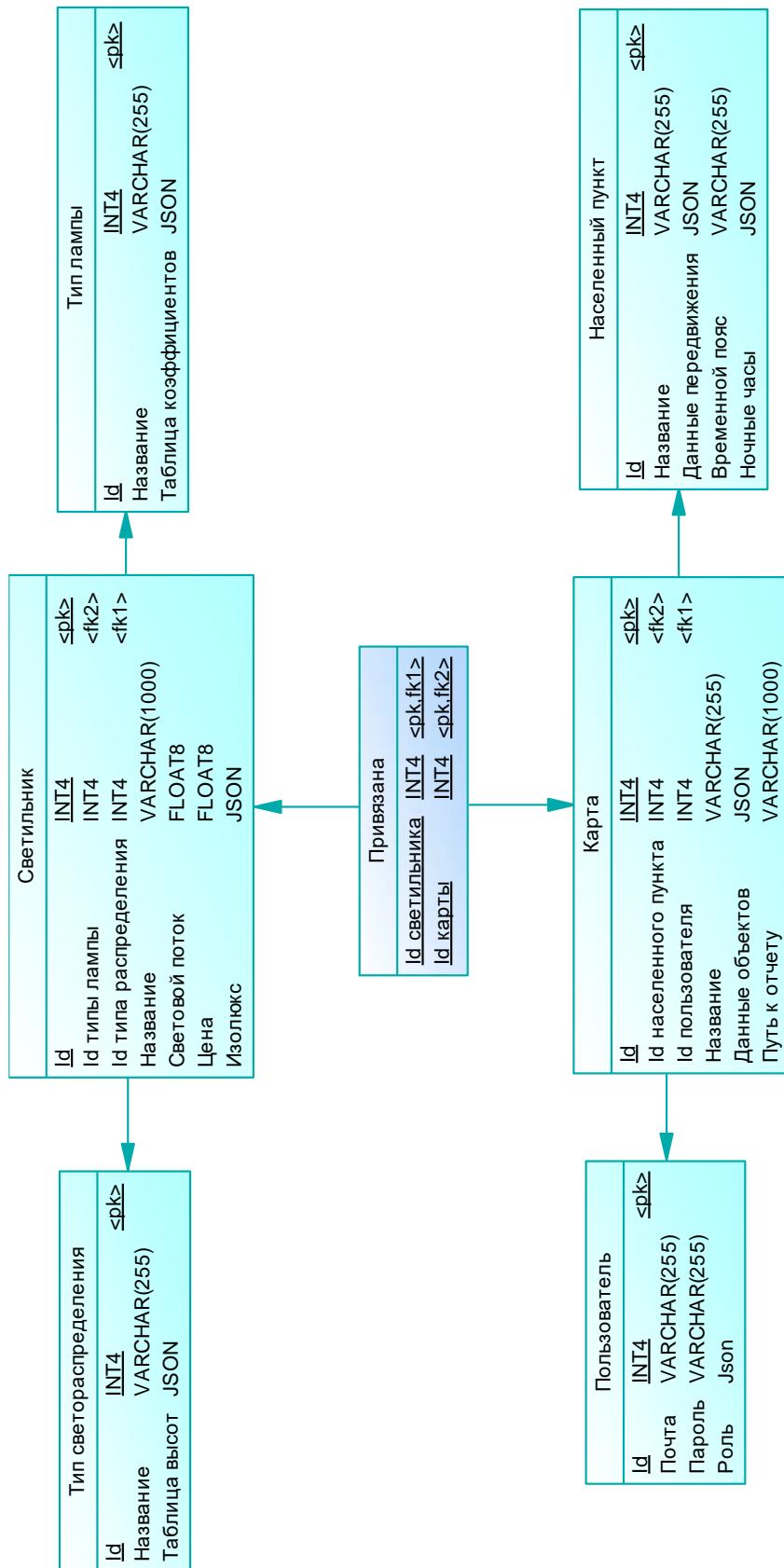


Рисунок 14 – Физическая модель

Спецификация физической модели представлена в приложении Г.

3.2 Описание источников информации, входных сигналов и документов

Описание источников информации предоставлено в таблице 9.

Таблица 9 – Описание источников информации

Название сущности в концептуальной модели	
пользователь	
Атрибут	Источник информации
id	генерация в системе
почта	данные от пользователя
пароль	
роль	заложена по умолчанию в систему
карта	
id	генерация в системе
название	данные от пользователя
данные объектов	
путь к отчету	генерация в системе
населенный пункт	
id	генерация в системе
название	географические названия городов
данные передвижения	операторы связи
временной пояс	временные зоны [52]
ночные часы	таблица восходов и заходов солнца [53]
светильник	
id	генерация в системе
название	сайты производителей осветительных приборов
световой поток	
цена	
изолюкс	
тип светораспределения	
id	генерация в системе
название	ГОСТ [10]
таблица высот	
тип лампы	
id	генерация в системе
название	ГОСТ [10]
таблица коэффициентов	

3.3 Описание выходной информации: сигналов, документов и видеокадров

Выходными данными системы являются:

- выводимая на экран текстовая информация (содержимое информационной базы);
- сообщения системы (уведомления, подсказки);
- файл с данными карты в формате GeoJson [26] (пример файла предоставлен на рисунке 15);
- файл с результатами анализа в формате таблицы (пример отчета предоставлен на рисунке 16);
- изображение карты (пример предоставлен на рисунке 17).

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [
          38.32516326280121,
          52.75396368338755
        ]
      },
      "properties": {
        "name_lantern": "РКУ01 с лампами ДРЛ",
        "height": 8.5,
        "price": 4100
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [
            [
              38.325745552068476,
              52.75864476629292
            ],
            [
              38.3258464501546,
              52.75849211380958
            ],
            [
              38.32534195972394,
              52.753950457706054
            ]
          ]
        ],
        "properties": {
          "name_street": "Домавитовская",
          "length": 524,
          "width": 10,
          "class_object": "В3",
          "priority": 1
        }
      }
    }
  ]
}
```

Рисунок 15 – Пример файла с данными карты

Название карты Первая карта													
№	Выбираем? Название улицы	Класс объекта	Количество людей			Рейтинг	*Приоритет	Название фонаря	Количество фонарей	Высота установки	Расстояние между фонарями	Стоимость одного фонаря	Общая стоимость всех фонарей
			Количество	людей	Рейтинг								
1 Да	[отсутствует]_4	B1	29	43,5	1	PCU05 с лампами Д	21	7,5	9	3500	73500		
2 Да	[отсутствует]_1	B3	44	26,4	1	PCU05 с лампами Д	10	7,5	24	3500	35000		
3 Да	[отсутствует]_2	P2	18	18	1	PCU05 с лампами Д	16	7,5	9	3500	56000		
4 Да	[отсутствует]_0	A4	7	14	3	PCU05 с лампами Д	19	7,5	9	3500	66500		
5 Да	[отсутствует]_6	P2	14	14	2	PCU05 с лампами Д	18	7,5	9	3500	63000		
6 Нет	[отсутствует]_5	A1	22	66	1	PCU05 с лампами Д	76	7,5	9	3500	266000		
7 Нет	[отсутствует]_3	P6	8	0,8	1	RKU01 с лампами Д	5	8,5	34	4100	20500		

Суммарный рейтинг выбранных улиц: 115.9
Весь бюджет: 300000
Всего потрачено на фонари: 294000
Осталось после покупки: 6000

*Приоритет = Данный параметр используется лишь тогда, когда у улиц одинаковый рейтинг.

Рисунок 16 – Пример отчета

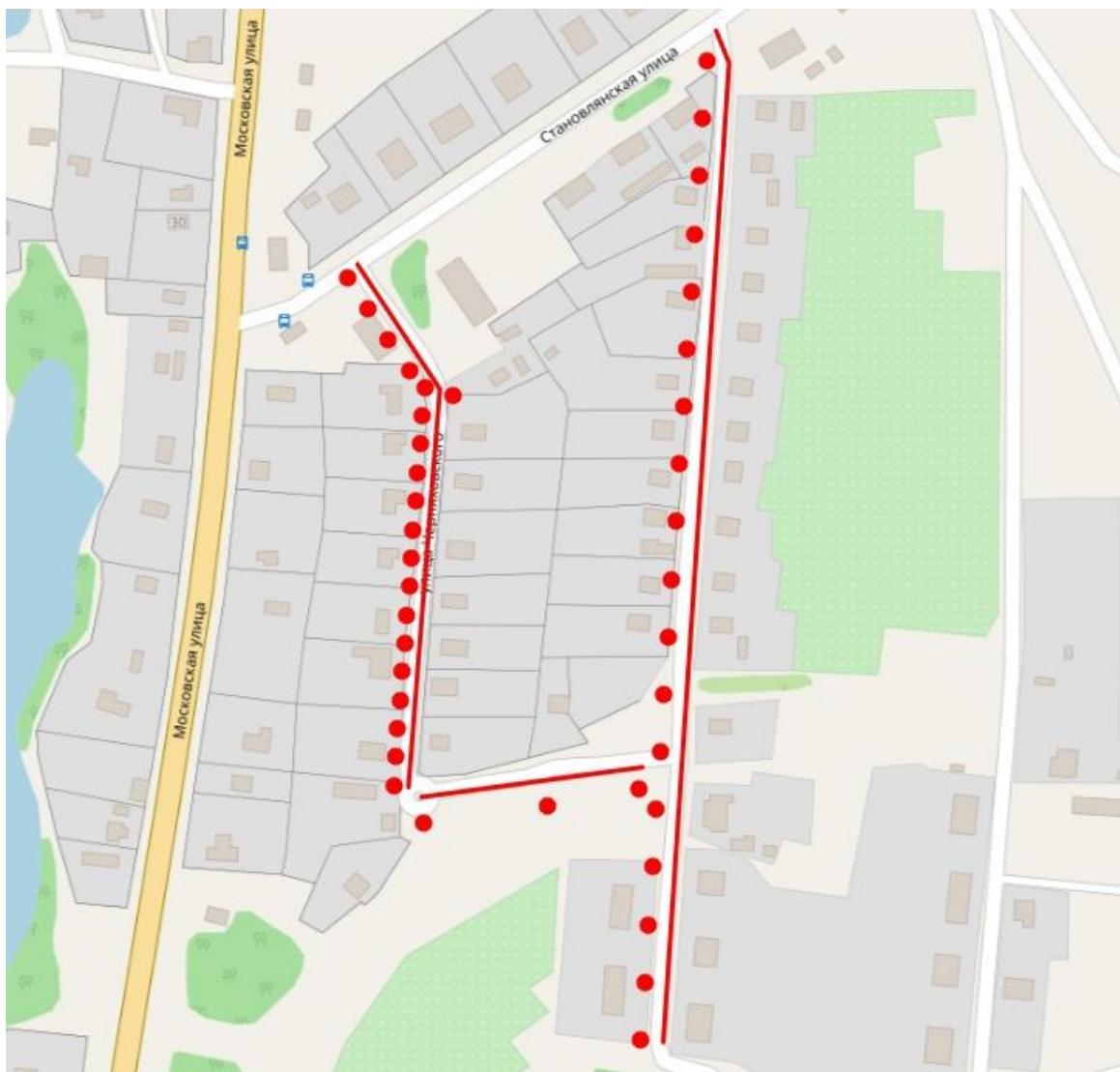


Рисунок 17 – Пример изображения карты

4 Программно-аппаратная реализация решения задачи

4.1 Аппаратное обеспечение

Для взаимодействия с системой у пользователя должны быть следующие минимальные аппаратные средства:

- минимальный требуемый объем оперативной памяти для выбранной архитектуры системы;
- сетевой или Wi-Fi адаптер;
- любой видеоадаптер;
- 32-х или 64-х разрядный процессор с тактовой частотой 2.4 ГГц и более, а также 1-ним ядром и более;
- внешние периферийные устройства (клавиатура, мышь, монитор).

Для развертывания системы требуются следующие минимальные аппаратные средства:

- объем оперативной памяти 2 Гб и более;
- HDD или SSD объемом 30 Гб и более;
- сетевой или Wi-Fi адаптер;
- 32-х или 64-х разрядный процессор с тактовой частотой 2.4 ГГц и более, а также 2-мя ядрами и более.

4.2 Программное обеспечение

Для взаимодействия с системой у пользователя должна быть установлена любая операционная система, поддерживающая один из ниже предложенных браузеров последней версии на момент завершения данного документа:

- Google Chrome;
- Yandex Browser;
- Opera;
- Firefox.

Для развертывания системы требуется следующие программные средства:

- операционная система Ubuntu 16 или новее;
- Docker из серии v20.10.x [45];
- Docker Compose [45] под версию Docker.

Программное обеспечение Docker должно контейнировать следующие компоненты:

- СУБД PostgreSQL 11.7 [38];
- веб-сервер Nginx v1.19.10 [44];
- Node.js v16 [25];
- препроцессорный менеджер php-fpm 7.2 [22].

В свою очередь в контейнер Node.js устанавливается менеджер пакетов yarn любой версии, а в контейнер php-fpm устанавливается composer любой версии.

Файлы с конфигурациями предоставлены в приложении Д.

4.3 Разработанные программные средства

4.3.1 Описание использованных средств, подходов, методов, языков, библиотек

4.3.1.1 Модель представления архитектуры

При разработке системы в качестве модели представления архитектуры была взята модель «4+1» [54], потому что она позволяет рассмотреть систему с точки зрения разных заинтересованных лиц, таких как конечные пользователи, разработчики и руководители проекта, что в конечном итоге дает возможность создания продукта, удовлетворяющего потребность всех ее участников. Изображение модели предоставлено на рисунке 18.

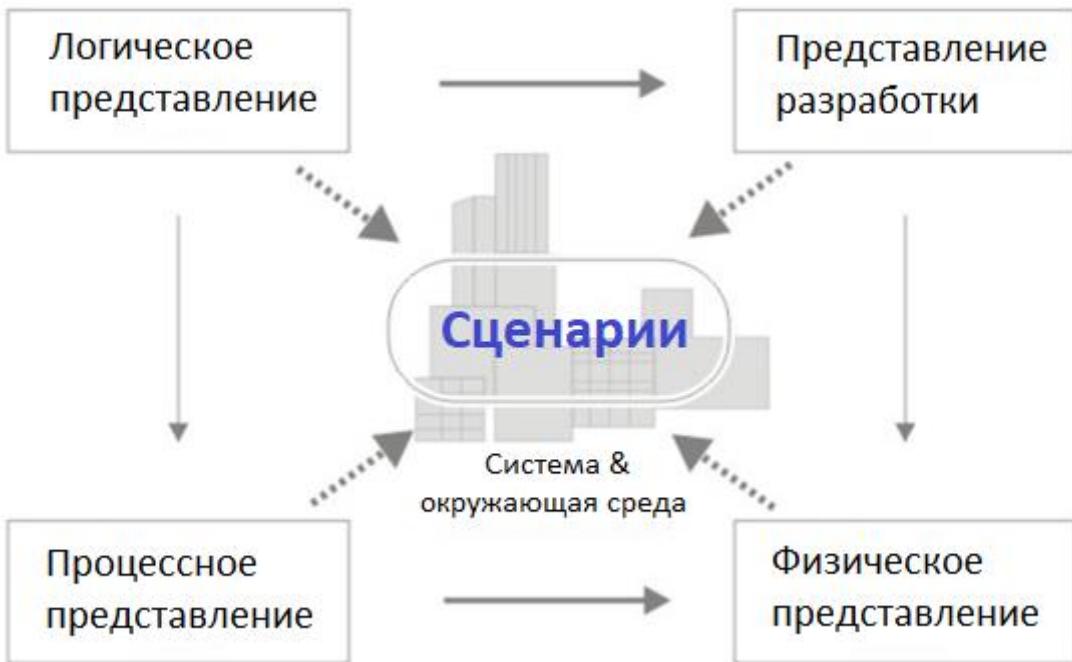


Рисунок 18 – Модель 4+1

Логическое представление - это декомпозиция системы на модули, решающие функциональные задачи со стороны пользователя.

Представление разработки - это декомпозиция системы на независимо разрабатываемые компоненты.

Процессное представление - это декомпозиция системы на параллельные процессы.

Физическое представление - это распределение модулей системы по узлам сети.

Сценарии – это описание реализаций ключевых вариантов использования.

4.3.1.1 Логическое представление

Приложение представляется в виде сайта в браузере. При использовании доступного функционала, пользователь изменяет информацию, предоставленную на экране, запускает отображение различных интерфейсов, а также взаимодействует с базой данных, меняя в ней определенные данные.

Схема структуры системного меню по функционалу пользователей представлена на рисунке 19.

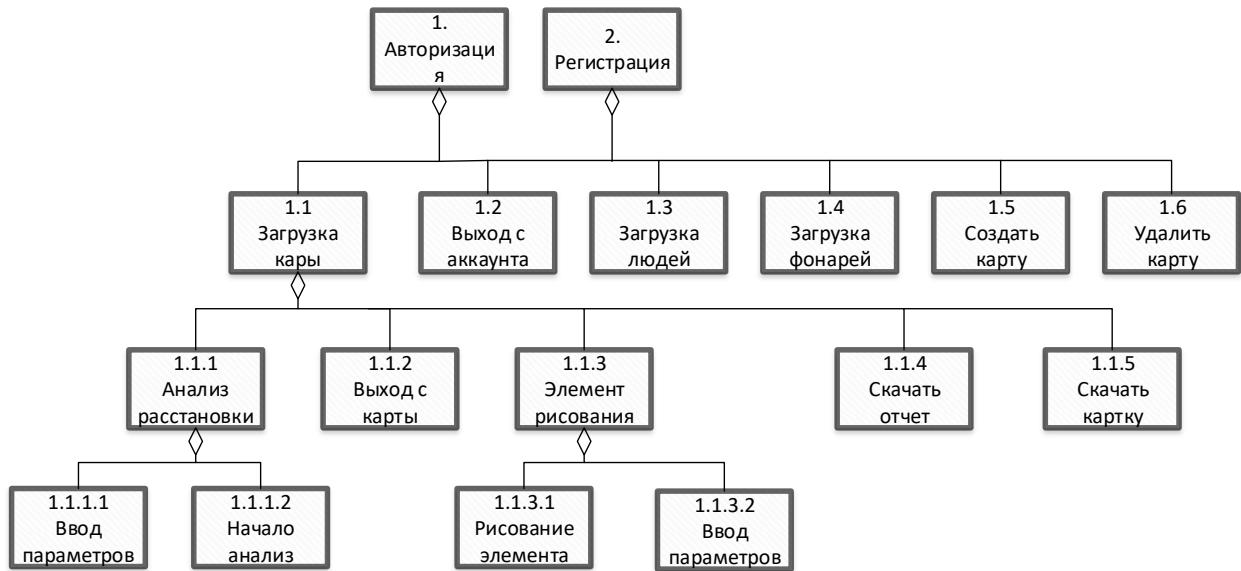


Рисунок 19 – Структура системного меню

Спецификация структуры системного меню представлена в приложение Е.

4.3.1.1.2 Представление разработки

Структура системы представлена в виде схемы MVC [55] и изображена на рисунке 20.

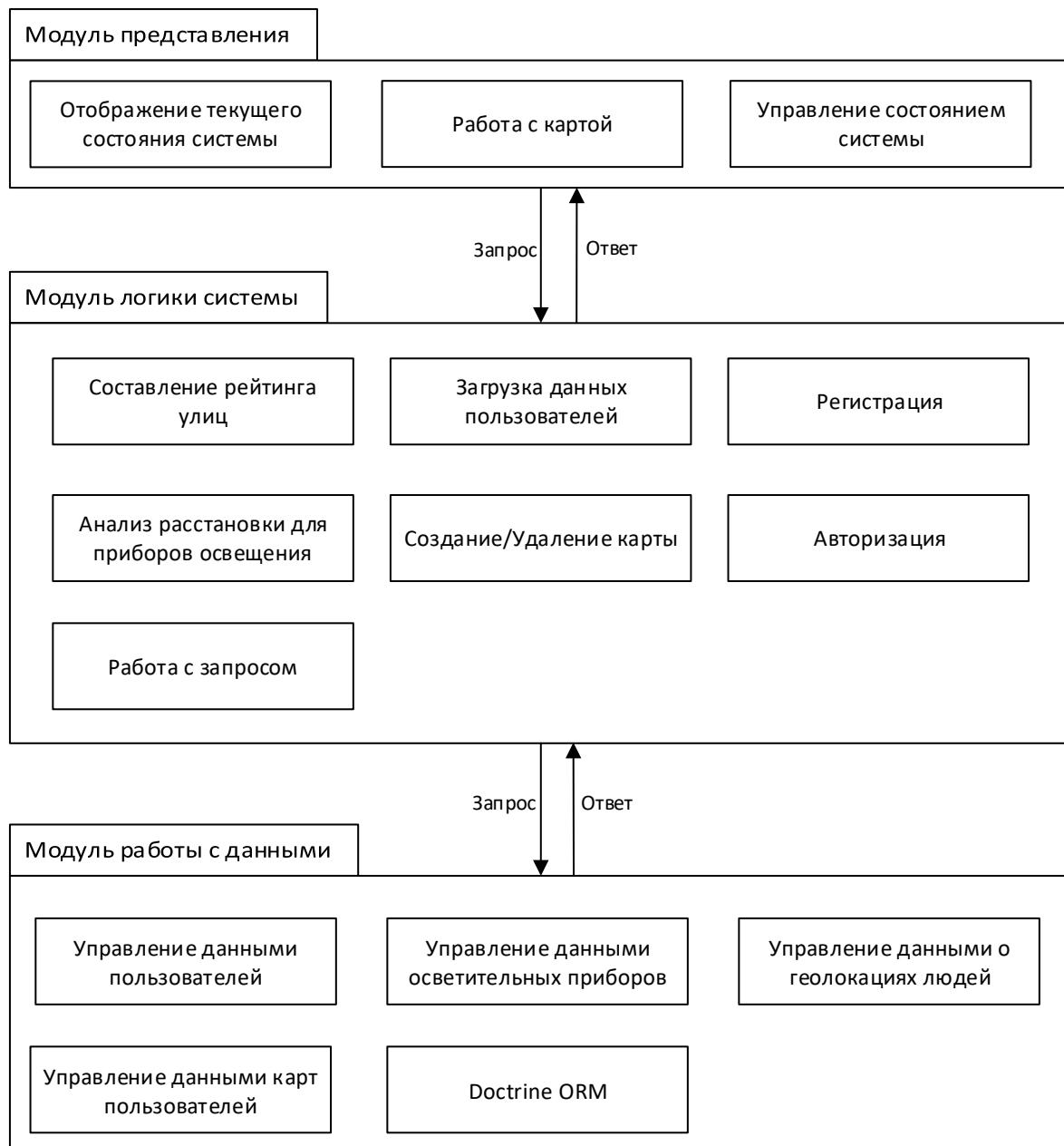


Рисунок 20 – Структура системы

Спецификация структуры системы представлена в приложение Ж.

Диаграмма компонентов представлена на рисунке 21.

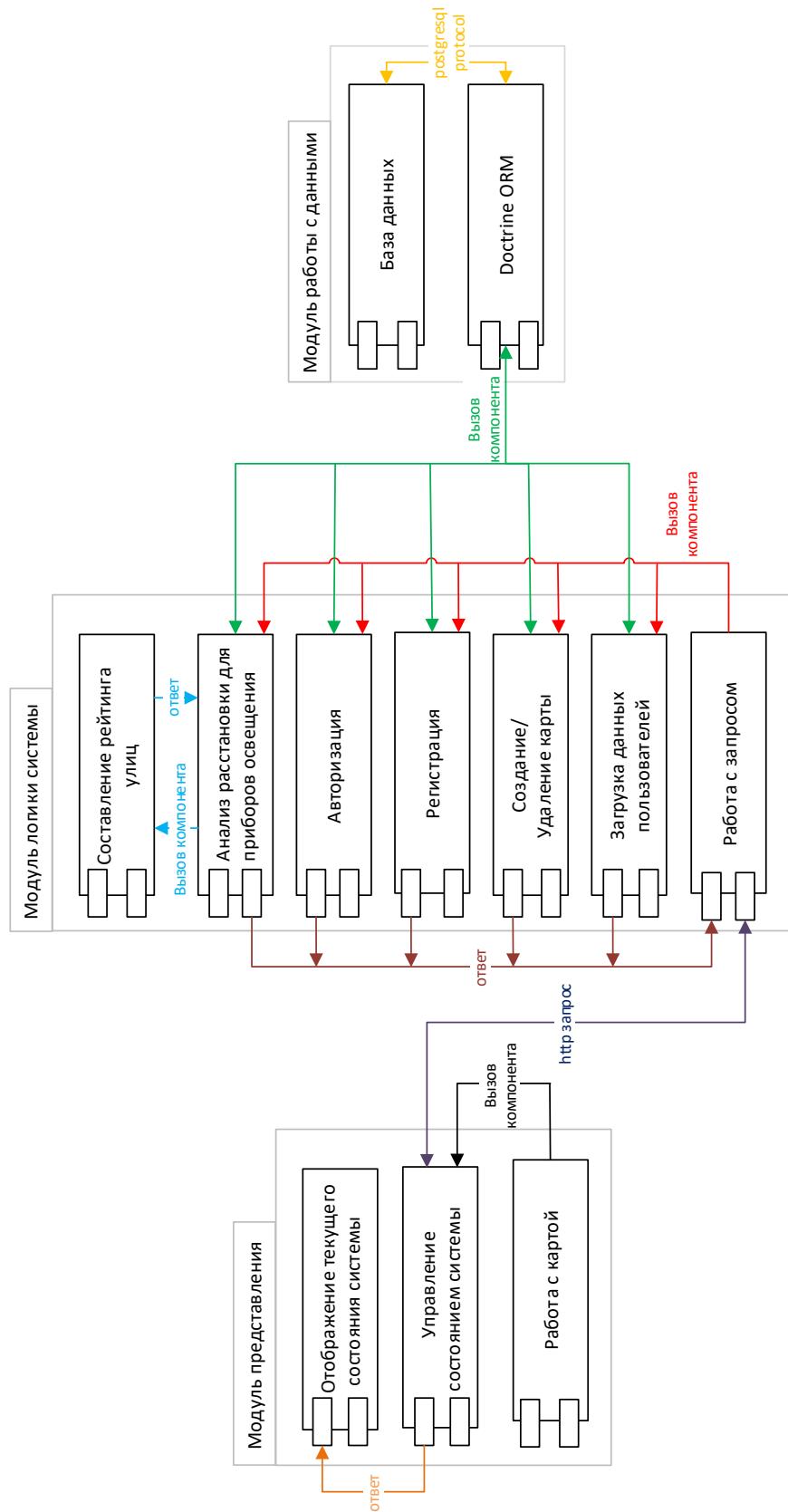


Рисунок 21 – Диаграмма компонентов

Спецификация компонентов представлена в приложение И.

4.3.1.1.3 Процессное представление

Для данной системы выделено три параллельно независимых процесса: «Модуль представления», «Модуль логики системы», «Модуль работы с данными».

Диаграмма активности модулей представлена на рисунке 22

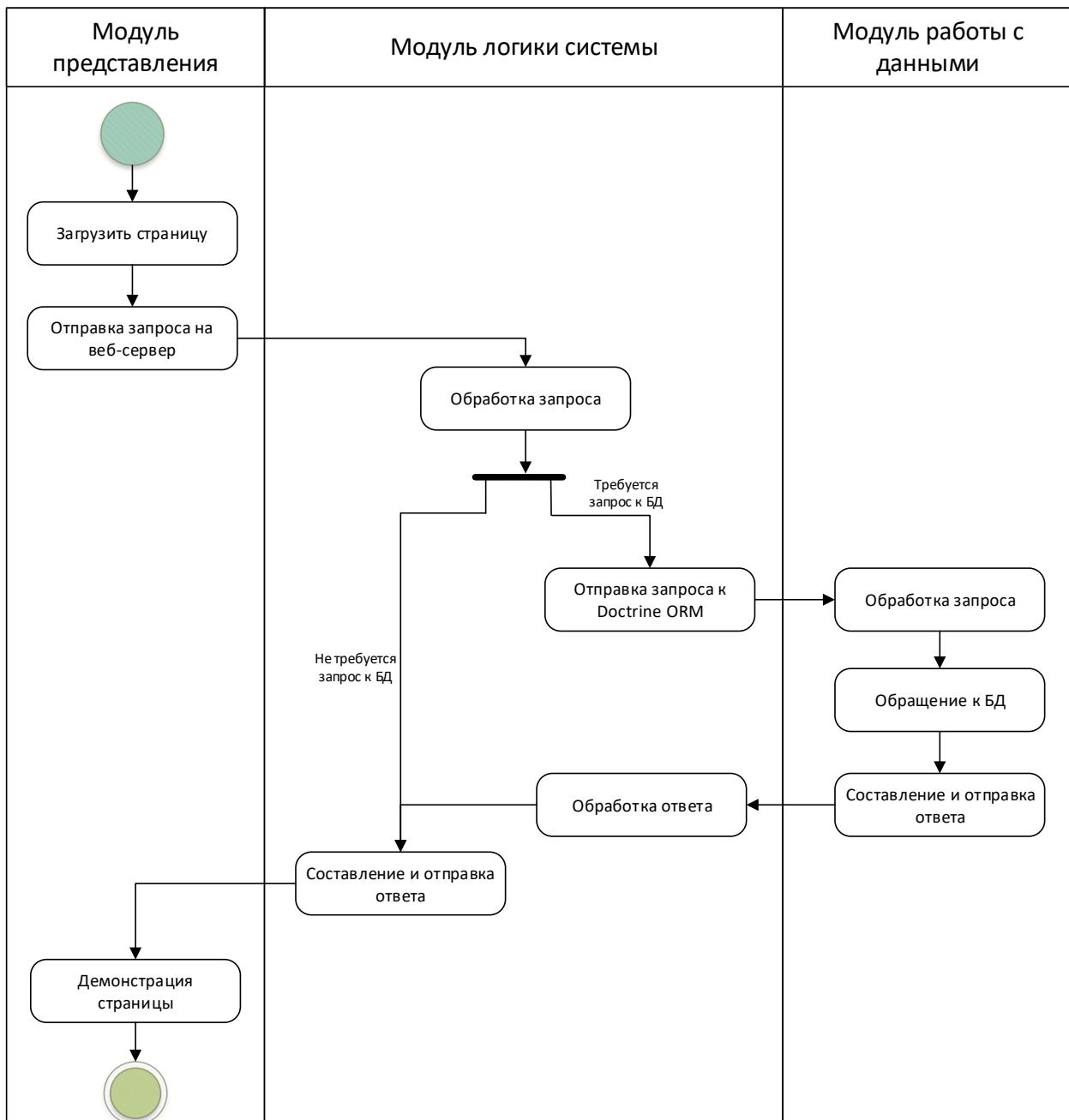


Рисунок 22 – Взаимодействие модулей

4.3.1.1.4 Физическое представление

Модель развертывания представлена на рисунке 23.

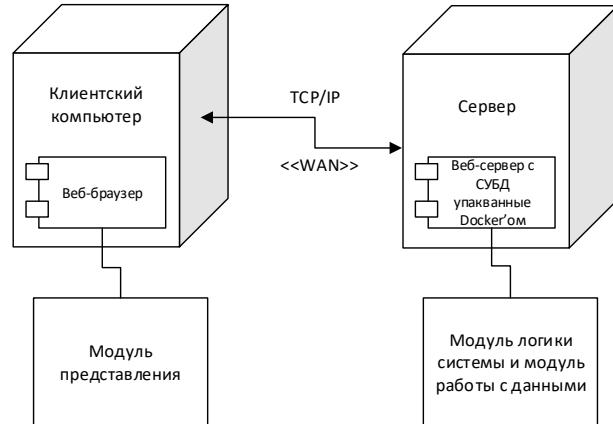


Рисунок 23 – Модель развертывания

4.3.1.2 Шаблоны проектирования

Для передачи данных между подсистемами использовался шаблон проектирования DTO (Data Transfer Object) [56]. А именно для сериализации и десериализации данных формата json. Общая схема данного паттерна приведена на рисунке 24.

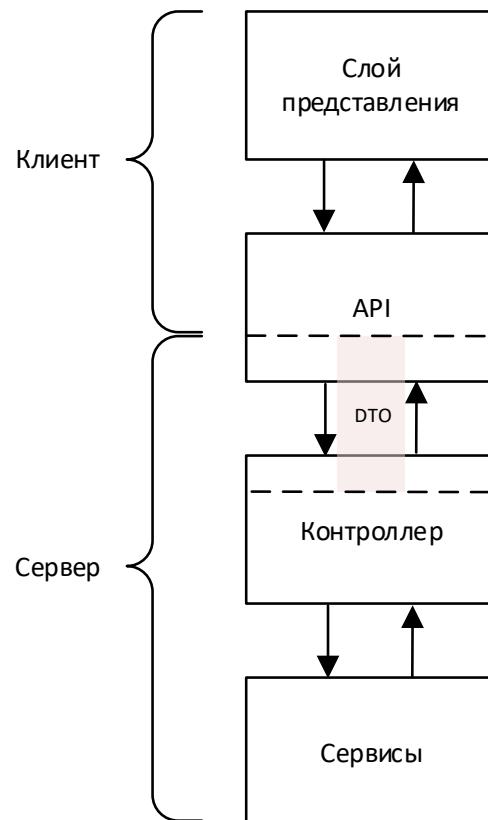


Рисунок 24 – Модель расположения DTO

Основные данные для передач от клиента на сервер – помощью DTO – это структура карты, а с сервера к клиенту – это ошибки, возникающие при анализе.

4.3.1.3 Взаимодействие с базой данных

Для взаимодействия с базой данных используется Doctrine ORM [57]. Это технология, которая добавляет дополнительный слой абстракции для доступа к базе данных, связанной с концепцией объектно-ориентированного программирования. Маппинг в doctrine показан на рисунке 25.

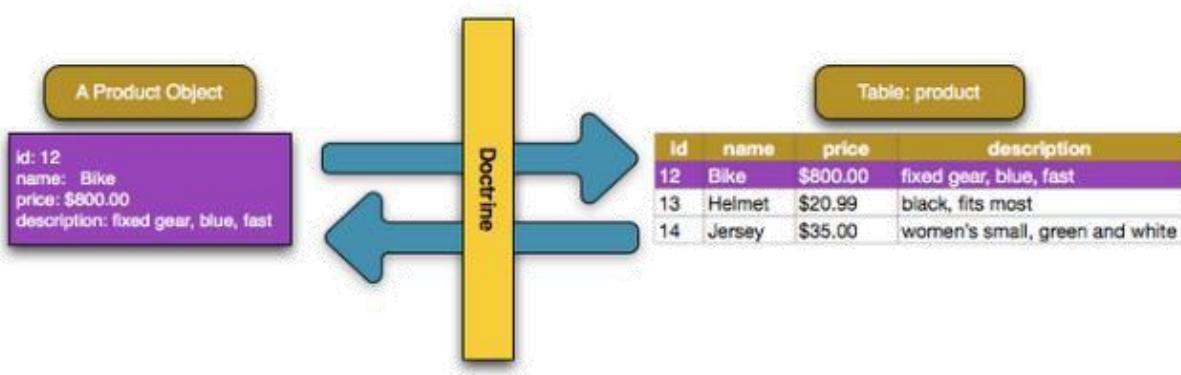


Рисунок 25 – Маппинг в doctrine

В основе Doctrine ORM лежит паттерн Data Mapper, изолирующий реляционное представление от объектного, и конвертирующий данные между ними.

4.3.1.4 Backend часть

Для написания backend части был выбран фреймворк Symfony 5.2 [31]. Общая схема его рабочего процесса представлена на рисунке 26.

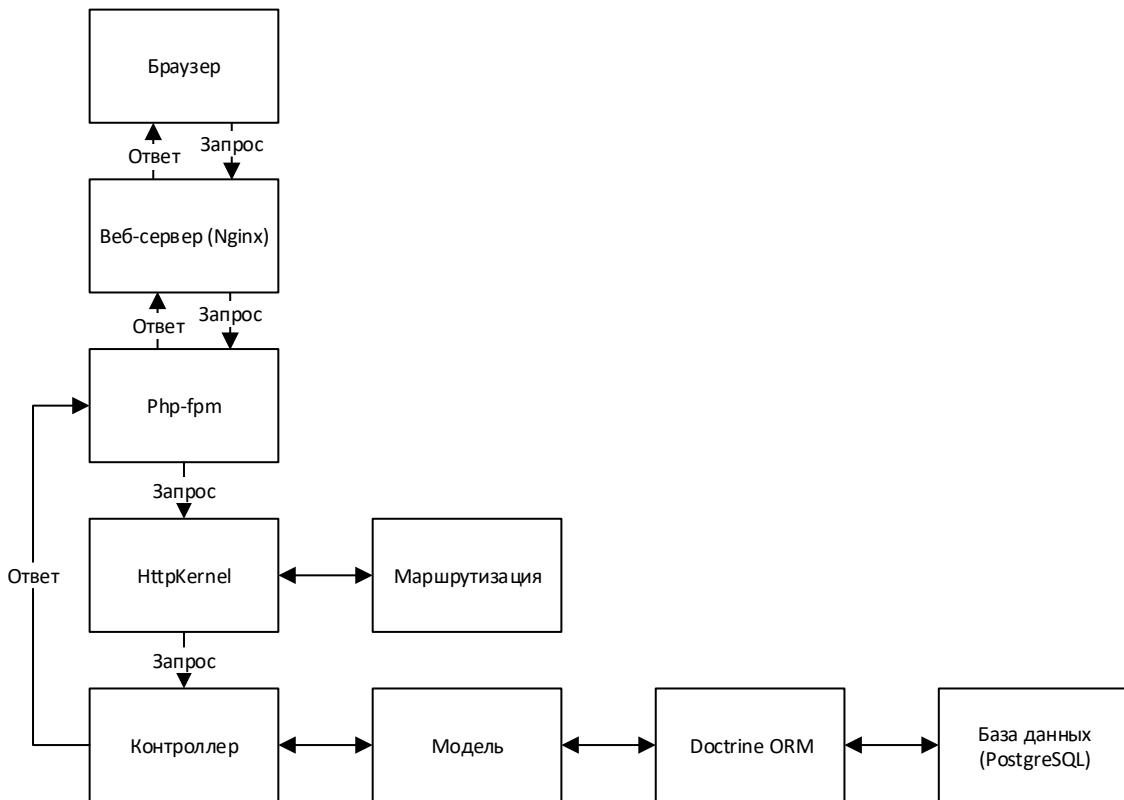


Рисунок 26 – Общая схема рабочего процесса в Symfony

Рабочий процесс состоит из следующих шагов:

1. Отправка запроса из браузера.
2. Браузер отправляет запрос на веб-сервер.
3. Веб-сервер направляет запрос на php-fpm.
4. Поступивший запрос обрабатывается HttpKernel (основной компонент Symfony) и с помощью маршрутизации определяется дальнейшая отправка запроса на конкретный контроллер.
5. Бизнес-логика происходит в выбранном контроллере.
6. Контроллер взаимодействует с моделью данных, которая в свою очередь взаимодействует с базой данных через doctrine ORM.
7. После завершения работы контроллера, ответ отправляется в браузер через php-fpm и веб-сервер.

Для написания системы также были применены следующие дополнительные пакеты от Symfony:

- form – для создания форм;
- validator – для валидации данных в формах;

- yaml – для чтения файлов формата yaml;
- twig – для написания шаблонов;
- serializer – для сериализации и десериализации данных;
- filesystem – для работы с каталогами на сервере;
- securitu-bundle – для настройки авторизации, регистрации, сессии и кук;
- http-client – для представления GET, SET запросов в виде объектов;
- annotations – для возможности написания аннотаций;
- css-selector – для интеграции node.js с php;
- doctrine-fixtures-bundle – для создания фикстур в среде разработки;
- easyadmin-bundle – для создания админ панели.

4.3.1.5 Frontend часть

Основная библиотека, используемая на стороне front-end, является OpenLayers v6.5.0 [27]. Она предоставляет возможность взаимодействовать с графическим элементом «карта». Данный элемент представляет собой несколько слоев. Его структура представлена на рисунке 27.

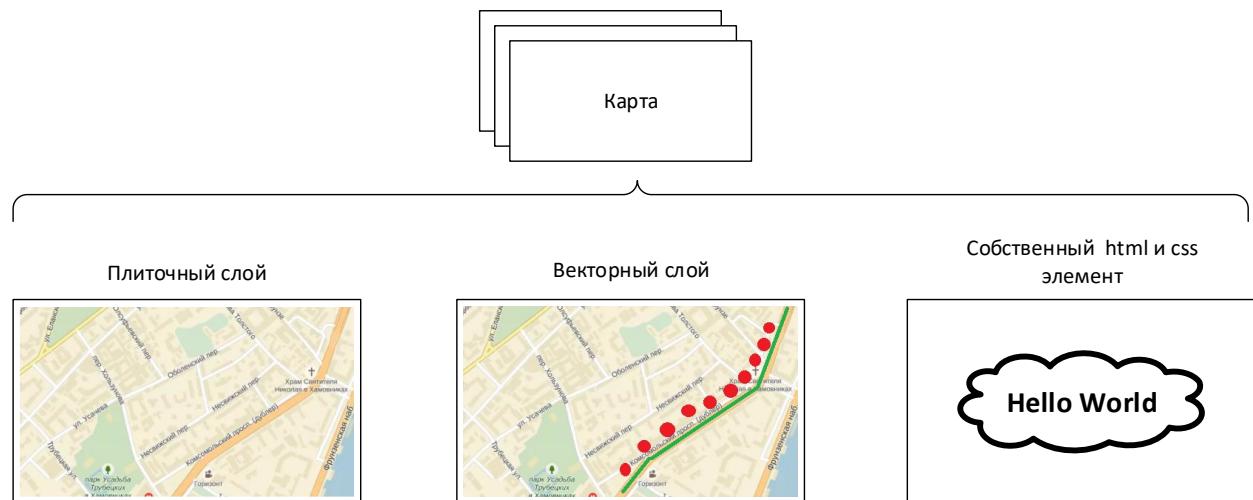


Рисунок 27 – Структура графического элемента «карта»

Плиточный слой – представляет собой плитки из OSM, Bing, MapBox, Stamen и любого другого источника XYZ.

Векторный слой – представляет собой визуализированные векторные данные из векторных листов GeoJson, TopoJSON, KML и других форматов.

Слой с собственным html и css накладывается поверх всех остальных слоев и представляет собой поясняющую информацию, такую как контекстное меню.

В роли плиточного слоя выступает OSM (OpenStreetMap), а в качестве векторного слоя формат GeoJson.

Также для front-end части используется сборщик модулей Webpack [30]. Он используется для сбора всех файлов в один, а также их минификации. Для совместной работы php и webpack был применен пакет от symfony под названием webpack-encore. Его настройка представлена на рисунке 28.

```
const Encore = require('@symfony/webpack-encore');

if (!Encore.isRuntimeEnvironmentConfigured()) {
    Encore.configureRuntimeEnvironment(process.env.NODE_ENV || 'dev');
}

Encore
    .setOutputPath('public/build/')
    .setPublicPath('/build')

    .addEntry('app-map', './assets/app-map.js')
    .addEntry('app-project', './assets/app-project.js')

    .enableStimulusBridge('./assets/controllers.json')

    .splitEntryChunks()
    .enableSingleRuntimeChunk()

    .cleanupOutputBeforeBuild()
    .enableSourceMaps(!Encore.isProduction())
    .enableVersioning(Encore.isProduction())

    .configureBabel((config) => {
        config.plugins.push('@babel/plugin-proposal-class-properties');
    })
    .configureBabelPresetEnv((config) => {
        config.useBuiltIns = 'usage';
        config.corejs = 3;
    })
    .enableSassLoader()
    .autoProvidejQuery()
;

module.exports = Encore.getWebpackConfig();
```

Рисунок 28 – Настройка webpack-encore

Для написания frontend части также были применены следующие дополнительные пакеты:

- bootstrap – для добавления новых классов в css;

- font-awesome – для добавления иконок;
- jquery – для добавления упрощенного синтаксиса во взаимодействие с DOM, а также для добавления вспомогательных функций;
- ol-contextmenu – для добавления контекстного меню в библиотеку openLayers;
- sass/sass-loader – для добавления возможности использовать препроцессор SASS;
- core-js – для работы с DOM.

4.3.2 Описание программы

4.3.2.1 Функциональное назначение

Программное решение предназначено для автоматизации деятельности людей, ответственных за проектирование освещения в населенных пунктах.

Система выполняет следующие функции:

- ведение единой базы пользователей;
- предоставление редактора карты для построения схем улиц;
- возможность загрузки данных геолокации людей и светильниковых приборов;
- расстановка источников освещения на карте;
- ввод параметров расстановки;
- генерация отчета по итогам анализа.

4.3.2.2 Модель вариантов использования

Модель вариантов использования представлена на рисунке 29.

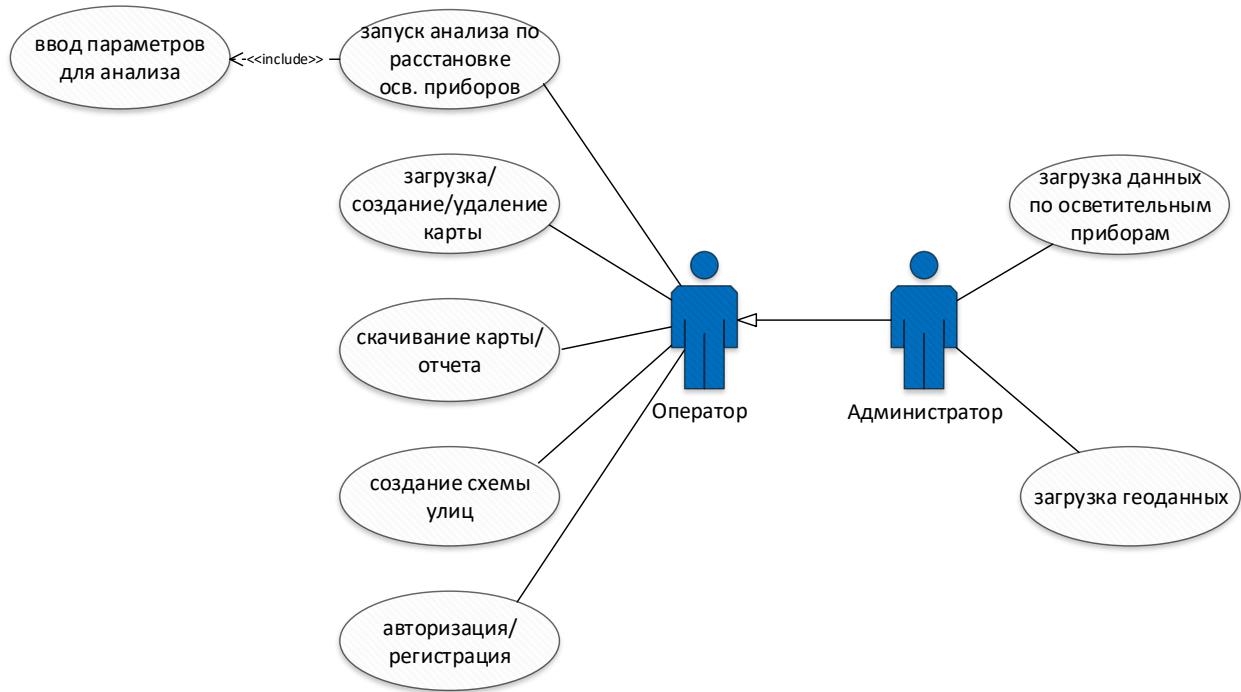


Рисунок 29 – Диаграмма вариантов использования

Спецификация:

Оператор: регистрируется/авторизуется, создает/загружает/удаляет карту, работает с картой (добавление/изменение/удаление элементов карты), имеет возможность ввести параметры для анализа и запустить его, может скачать карту/отчет.

Администратор: возможности оператора, а также имеет возможность загружать данные геолокации и данные по осветительным приборам.

4.3.2.3 Диаграмма потока данных

Диаграмма потока данных представлена на рисунке 30.

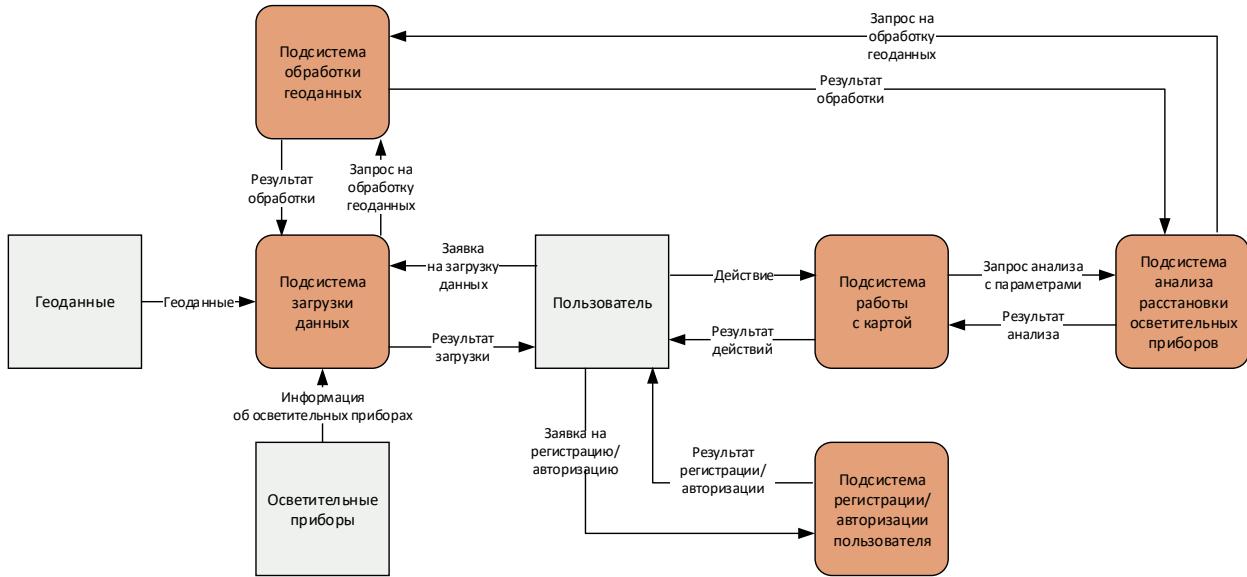


Рисунок 30 – Диаграмма потока данных

Спецификация:

Внешние сущности: пользователь, геоданные и осветительные приборы.

Подсистемы: авторизация пользователя, регистрация пользователя, взаимодействие с картой, обработка геоданных, анализ расстановки осветительных приборов, загрузка данных.

4.3.2.4 SADT (EDEF0) модель

SADT (EDEF0) модель по системе расположена на рисунке 31.

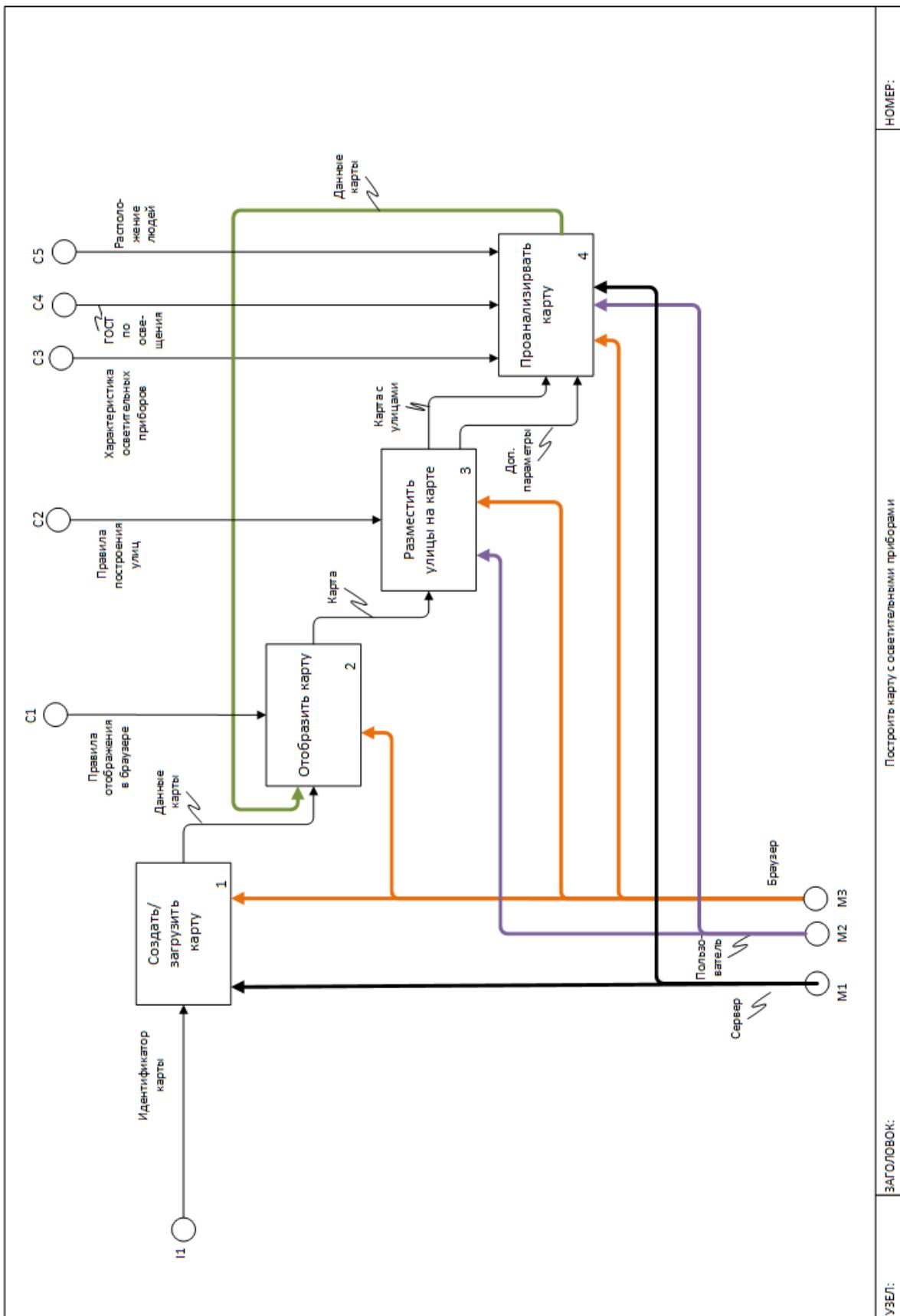


Рисунок 31 – SADT (EDEF0) модель

4.3.2.5 Диаграмма пакетов

Диаграмма пакетов frontend части представлена на рисунке 32.

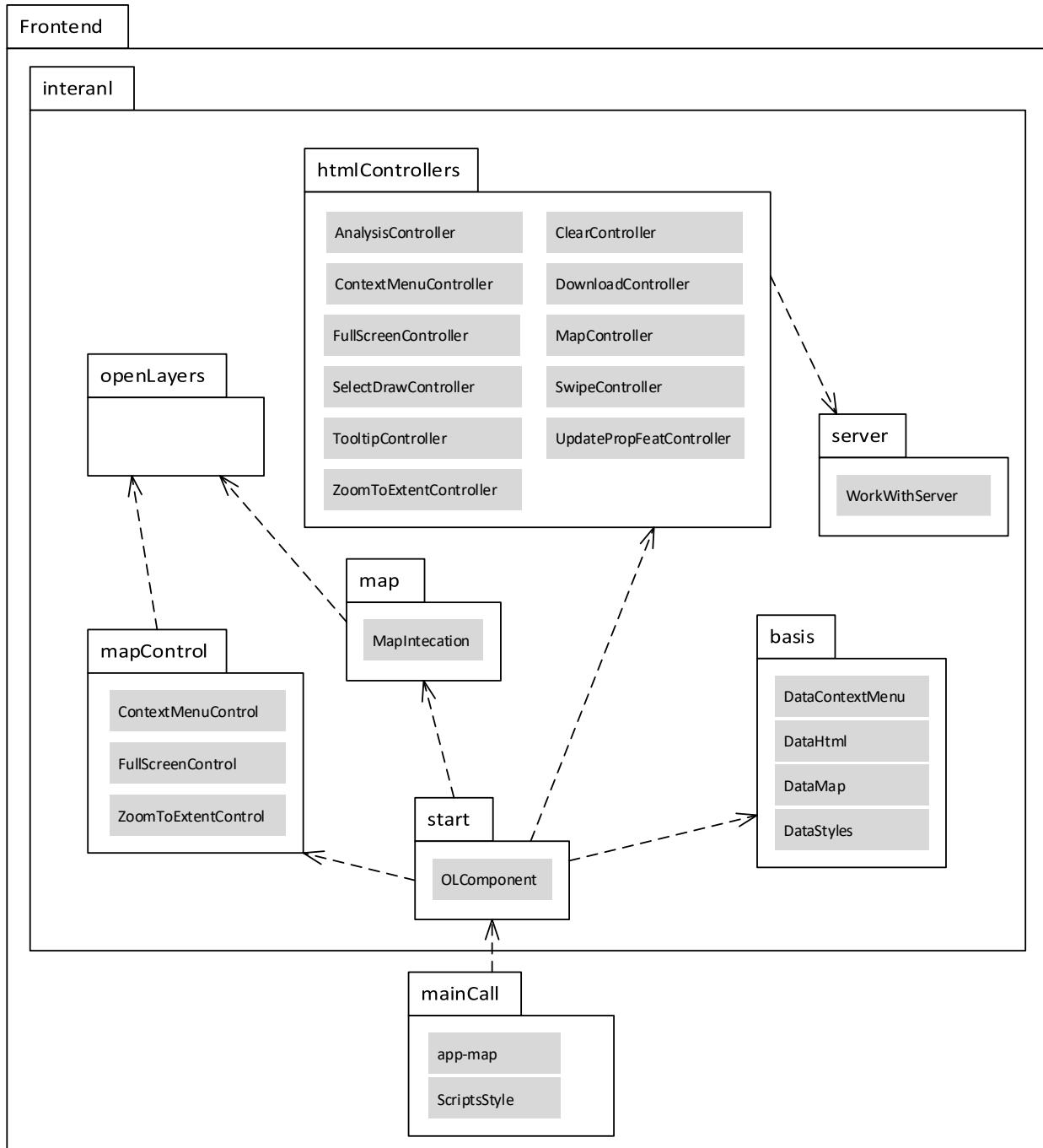


Рисунок 32 – Диаграмма пакетов frontend части

Спецификация диаграммы пакетов frontend части представлена в приложении К.

Диаграмма пакетов backend части представлена на рисунке 33.

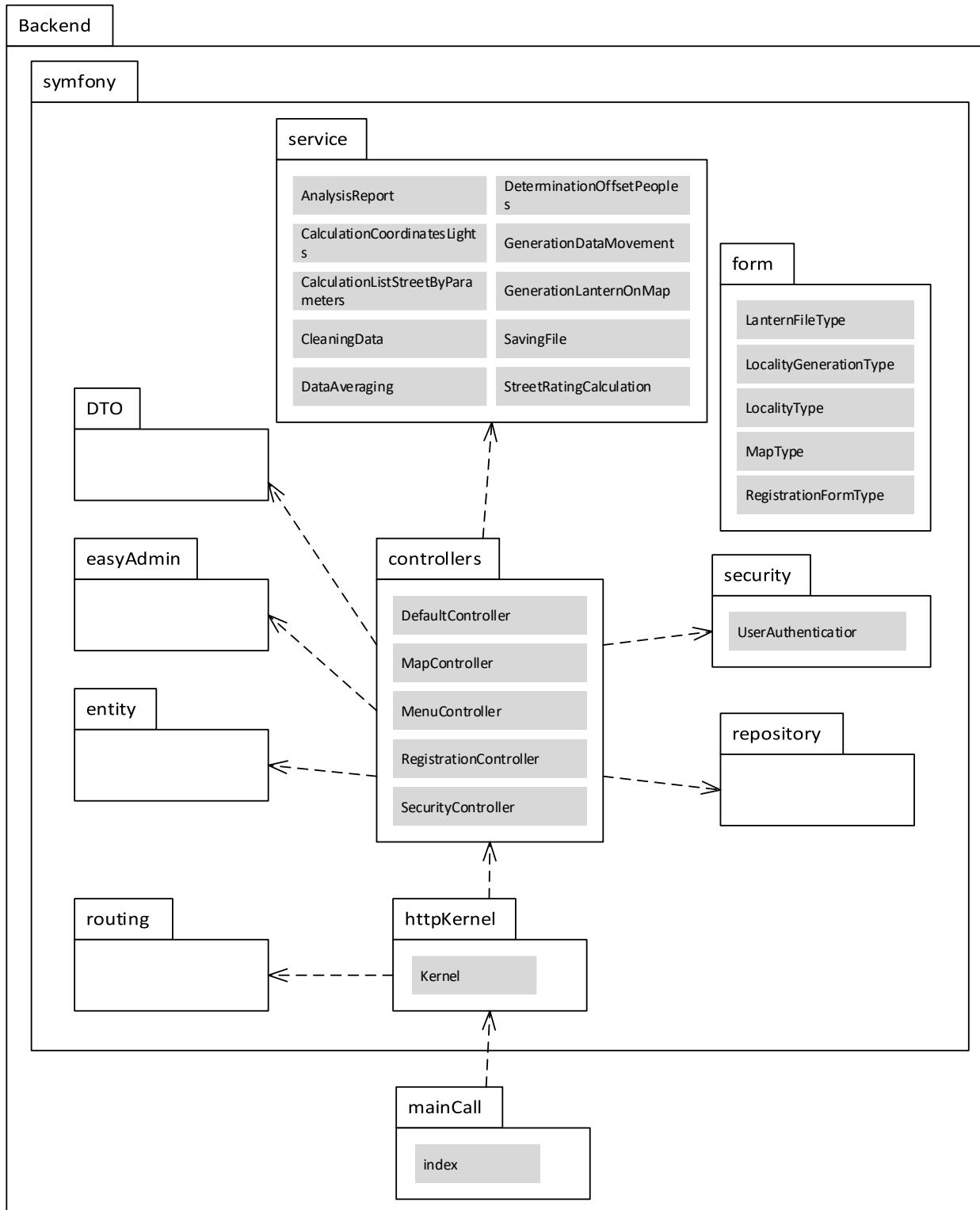


Рисунок 33 – Диаграмма пакетов backend части

Спецификация диаграммы пакетов backend части представлена в приложении Л.

4.3.3 Описание применения программы

4.3.3.1 Область применения

Данная система применима в сфере расстановки осветительных приборов в населённых пунктах.

4.3.3.2 Краткое описание возможностей

Данная система обладает следующими возможностями:

- регистрация пользователя;
- авторизация пользователя;
- создание и удаление карт;
- построение схем улиц на картах;
- анализ карты по размещению осветительных приборов по заданному параметру;
- размещение осветительных приборов на карте;
- генерация отчета по анализу.

4.3.3.3 Уровень подготовки пользователя

Пользователь данной системы должен иметь опыт работы с одним из перечисленных браузеров:

- Google Chrome;
- Yandex Browser;
- Opera;
- Firefox.

Также пользователь должен обладать знаниями, связанными с освещением в населённых пунктах.

4.3.3.4 Назначение и условия применения

Назначение: система предназначена для помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц с максимальным потоком людей и максимальной значимостью объекта освещения.

Для взаимодействия с системой у пользователя должны быть следующие минимальные аппаратные средства:

- минимальный требуемый объем оперативной памяти для выбранной архитектуры системы;
- сетевой или Wi-Fi адаптер;
- любой видеоадаптер;
- 32-х или 64-х разрядный процессор с тактовой частотой 2.4 ГГц и более, а также 1-ним ядром и более;
- внешние периферийные устройства (клавиатура, мышь, монитор).

Данный продукт работоспособен в любой операционной системе, которая имеет доступный рабочий браузер последней версии (на момент написания данного документа) из следующего списка:

- Google Chrome;
- Yandex Browser;
- Opera;
- Firefox.

4.3.3.5 Подготовка к работе

Для проверки готовности к работе необходимо зайти на сайт «lanternmap.ru». Если появилось окно авторизации, то система готова к работе с пользователем.

4.3.3.6 Описание операций

При загрузке веб-страницы предлагается зарегистрироваться или авторизоваться. Если Вы выбрали «Регистрация» (рисунок 34), то требуется ввести свой логин, почту и пароль. Затем нажать кнопку «Зарегистрироваться». Если Вы выбрали «Авторизация» (рисунок 35), то требуется ввести свой логин и пароль, а затем нажать «Войти».

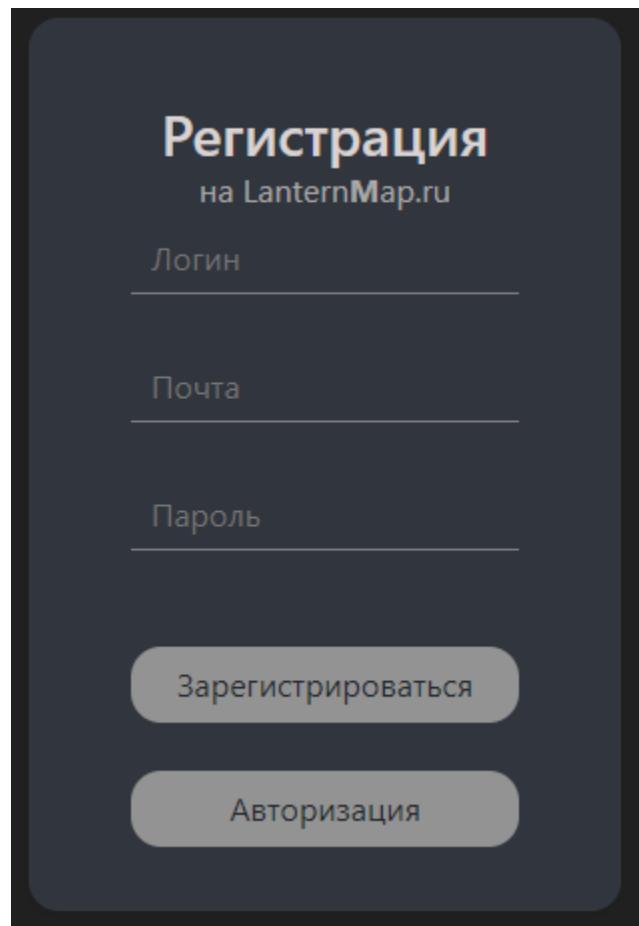


Рисунок 34 – Регистрация

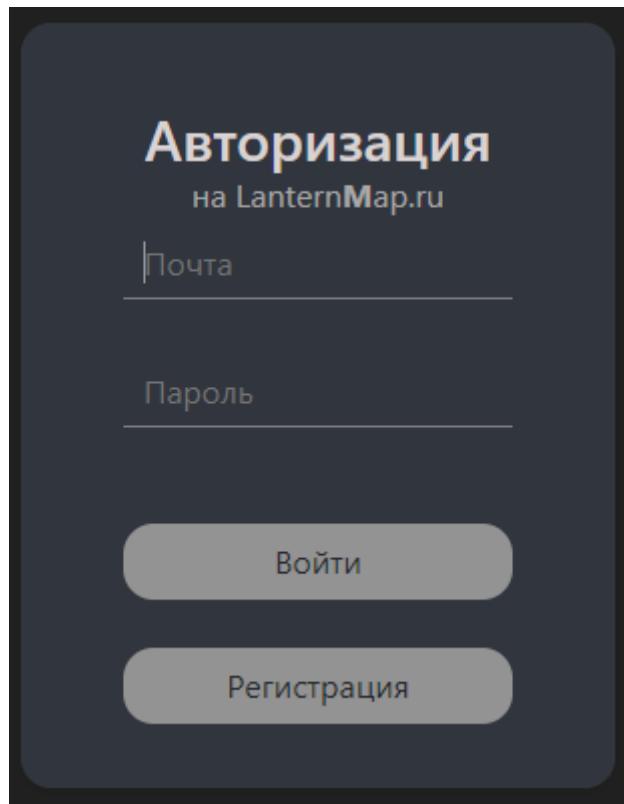


Рисунок 35 – Авторизация

После авторизации/регистрации Вы будете перенаправлены на страницу «основное меню» (рисунок 36). В данном меню в верхнем левом углу располагается ваш логин, роль, а также кнопка «Выход». В центре страницы имеются три столбца: «Созданные карты», «Создание новой карты», «Возможности» (только для роли администратора).

В столбце «Созданные карты» имеется возможность загрузить имеющуюся карту (кликнув название карты), чтобы перейти на дальнейшую страницу по работе с ней, а также возможность для ее удаления (значок «мусорный бак» рядом с названием карты).

В столбце «Создание новой карты» можно выбрать название населенного пункта и название карты. По нажатию кнопки «Создать карту», карта с данными характеристиками будет создана и отображена в столбце «Созданные карты».

В столбце «Возможности» (только для роли администратора) имеется поле «Генерация тестовых данных передвижения» с возможность выбора населенного пункта. По нажатию кнопки «Сгенерировать», данные для выбранного города будут созданы. Также имеется поле «Загрузка фонарей». После выбора файла с фонарями и нажатия кнопки «Загрузить файл», данные будут добавлены в систему. Еще имеется поле «Загрузка данных передвижения» с возможностью выбора населенного пункта и файла для загрузки данных в систему.

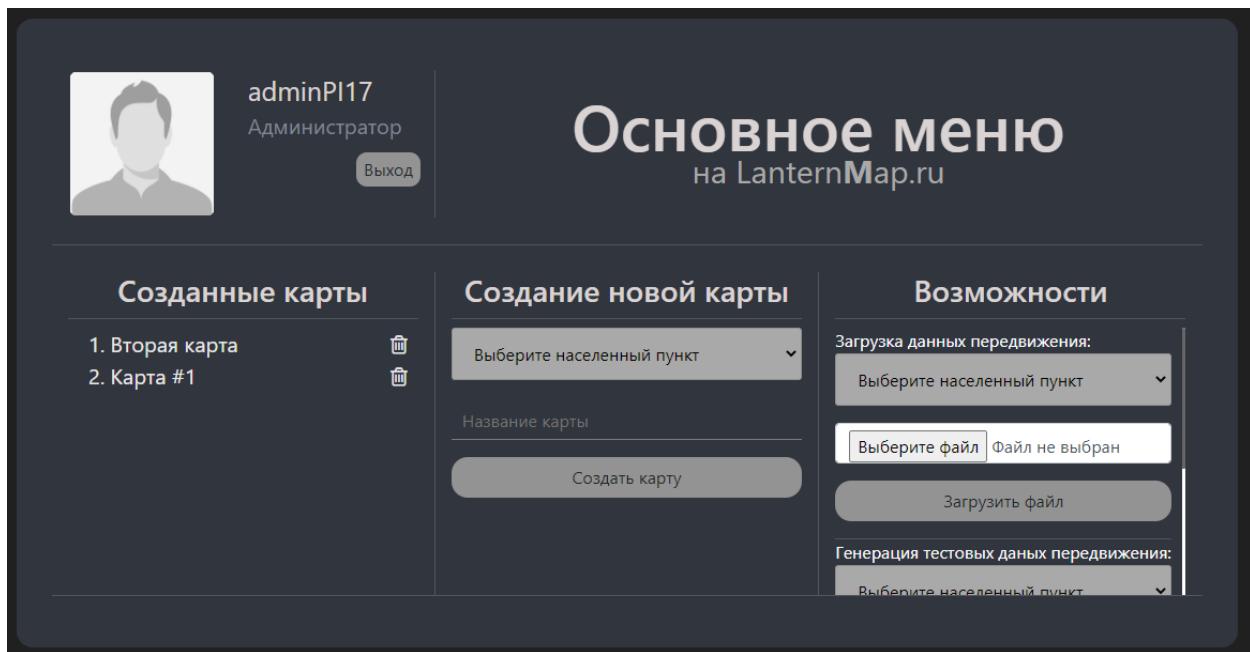


Рисунок 36 – Основное меню

После перехода на страницу по работе с картой (рисунок 37) в верхнем левом углу можно увидеть ваш логин, роль, название карты, значок «выключение», которая вернет Вас обратно в основное меню, значок «сообщение», которое покажет последнее уведомление от системы. В левой панели имеются пункты «Выделенные фактуры» и «Все фактуры», которые позволяют просмотреть расположенные на карте объекты.

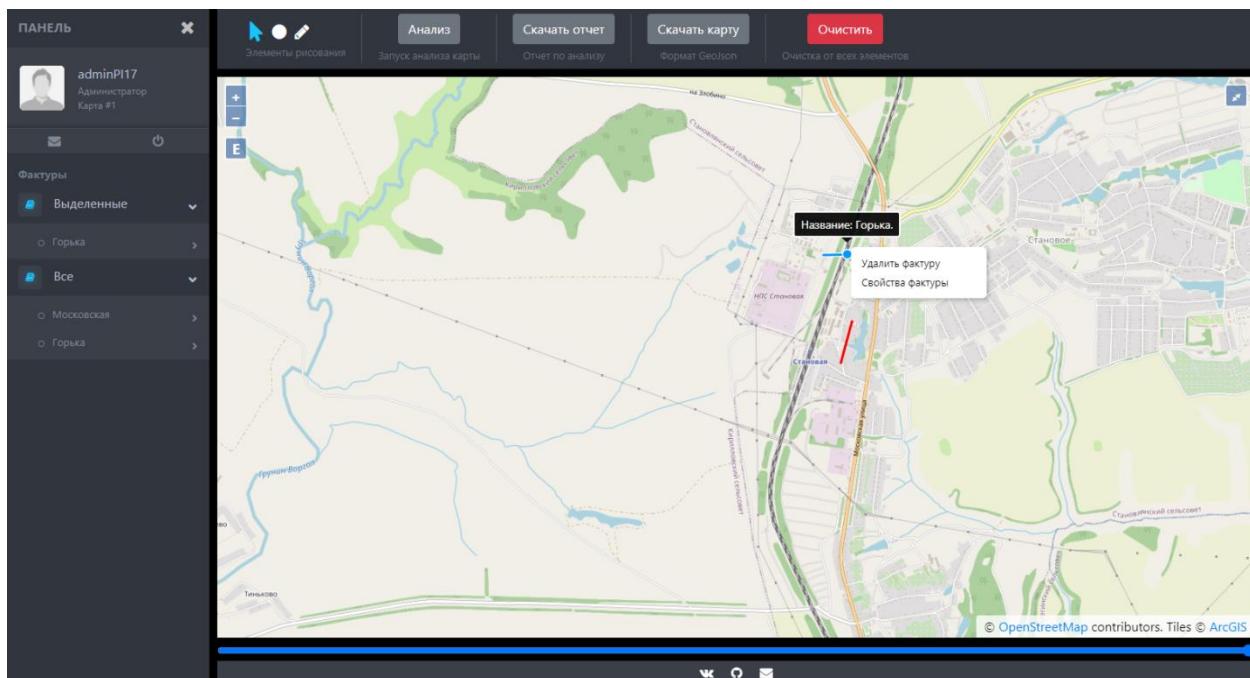


Рисунок 37 – Работа с картой

В верхней панели страницы имеется панель элементов рисования, выбор которых позволит начать рисовать на карте схемы улиц. Завершить рисование можно двойным нажатием кнопки ПКМ. Также имеется возможность изменять нарисованный объект, кликнув по нему для начала редактирования. При нажатии на кнопку ПКМ по нарисованному объекту предоставляется контекстное меню выбора для удаления объекта или изменения его свойств. При нажатии на пункт «Свойства фактуры» открывается окно с его свойствами (рисунок 38), в котором можно указать название, ширину, класс объекта, приоритет, а также увидеть длину данного элемента.

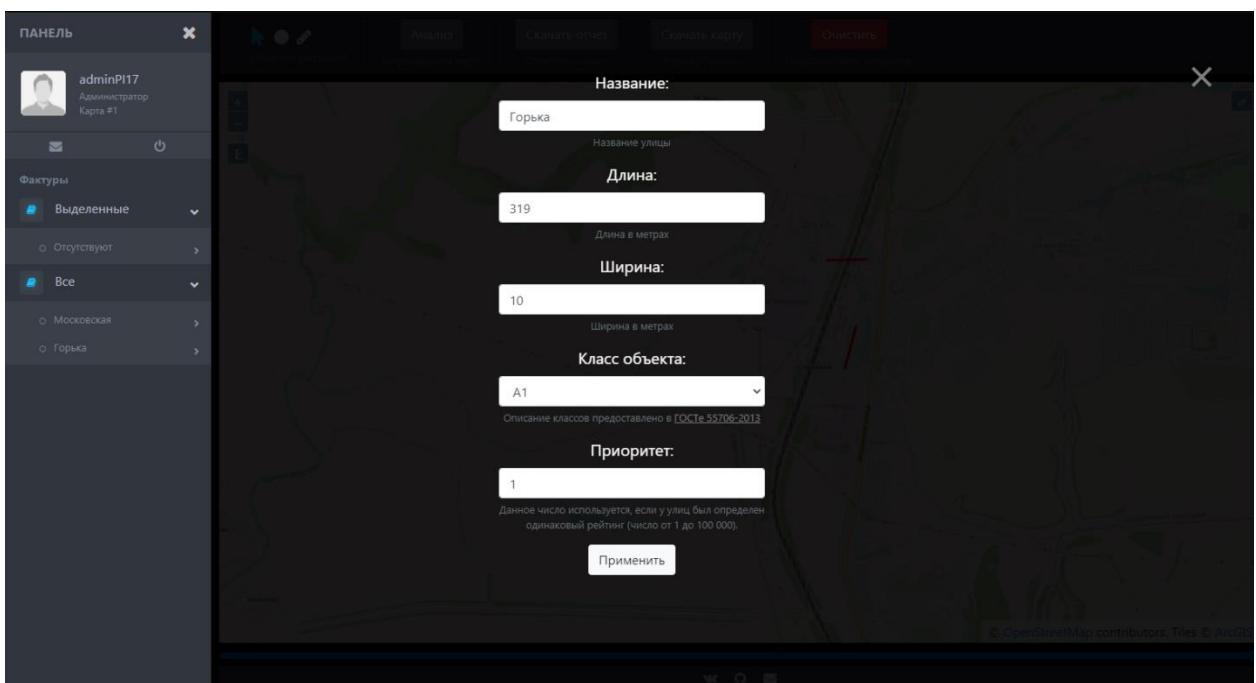


Рисунок 38 – Свойства фактуры

В верхней панели имеются также кнопка «Скачать отчет», предоставляющая возможность получить сгенерированный отчет по карте, кнопка «Скачать карту», предоставляющая возможность получить карту в формате пригодный для транспортировки (для загрузки карты требуется данный файл переместить на карту для выгрузки всех данных из него), кнопка «Очистить», удаляющая все объекты с карты.

В верхней панели имеется кнопка «Анализ», вызывающая окно с параметрами для анализа (рисунок 39). После нажатия на кнопку «Применить» начинается анализ. В ожидание результата анализа будет

предоставлена иконка ожидания (рисунок 40). После завершение в случае появления ошибок (рисунок 41) необходимо их исправить и начать анализ заново. В случае успешного анализа на карте будут отображены фонари (рисунок 42).

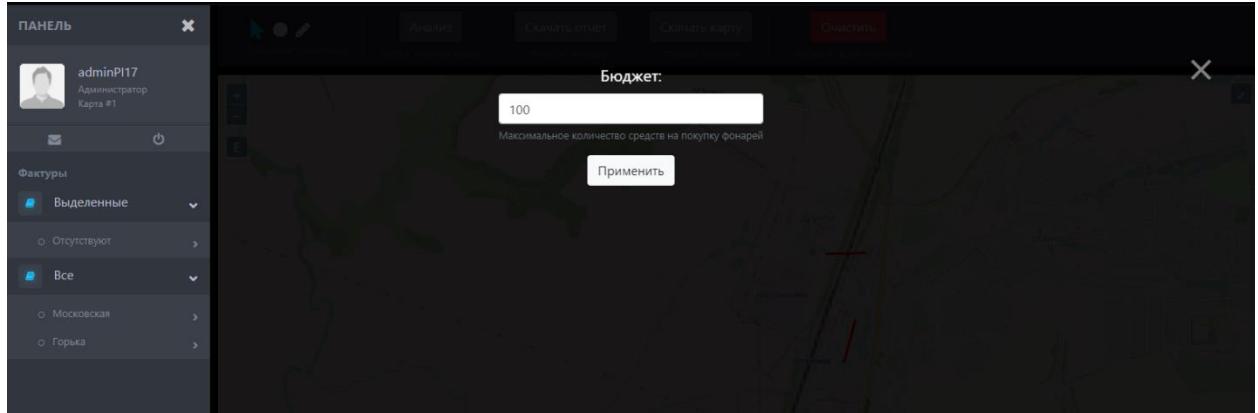


Рисунок 39 – Параметры анализа

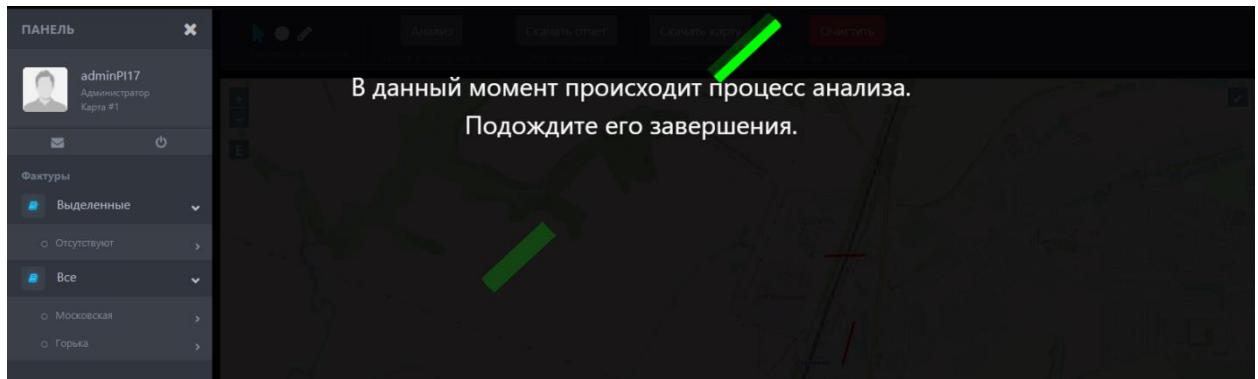


Рисунок 40 – Ожидание анализа

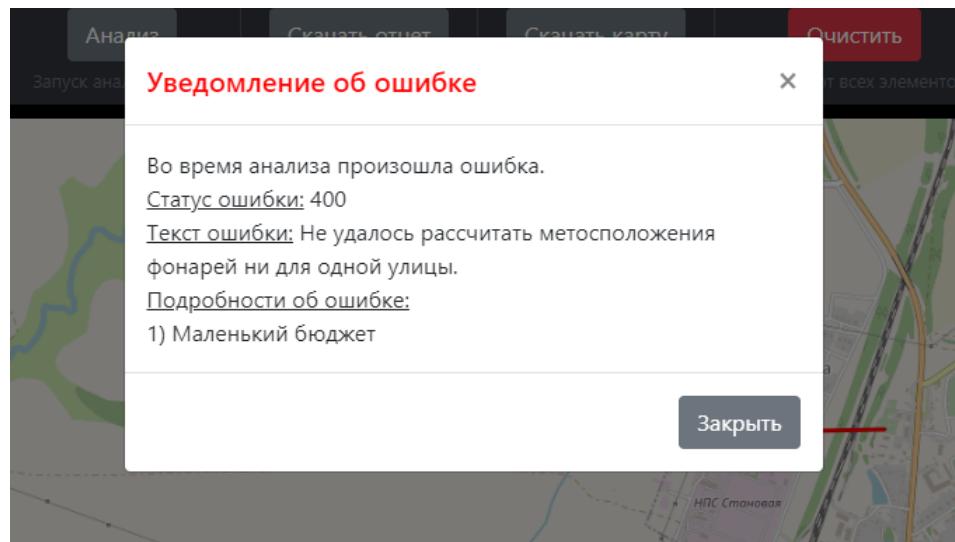


Рисунок 41 – Ошибка во время анализа

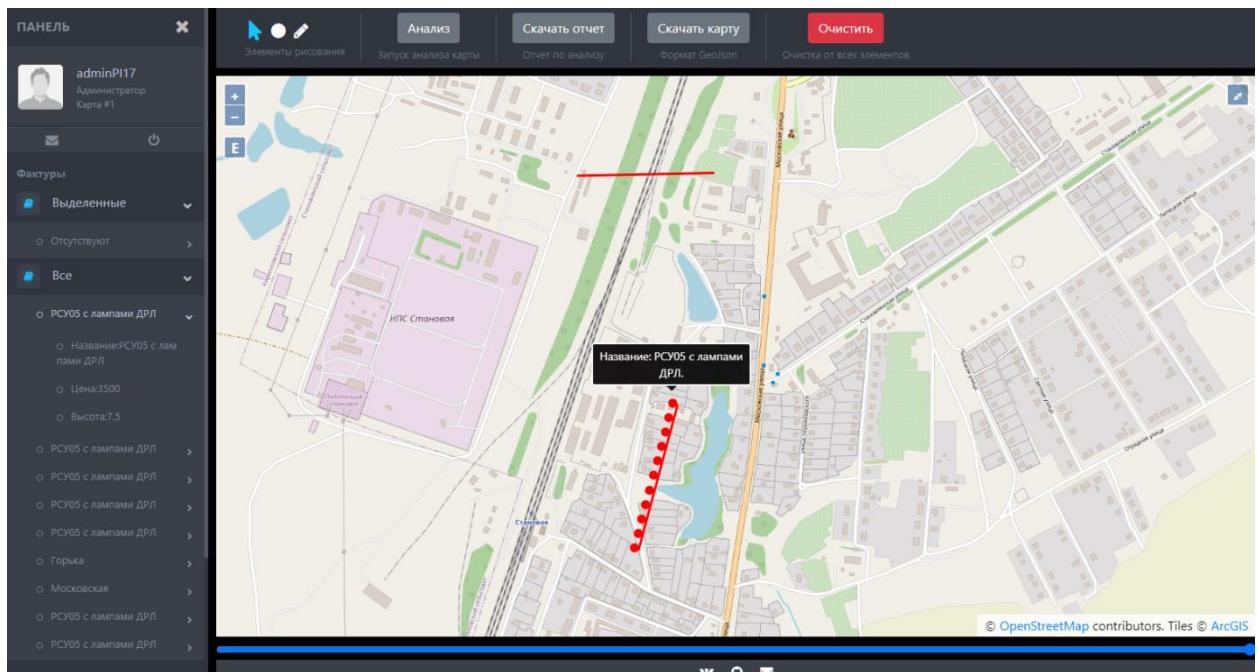


Рисунок 42 – Результат успешного анализа

В нижней части страницы под картой имеется ползунок, предоставляющий возможность видеть карту со схематической и спутниковой стороны (рисунок 43).

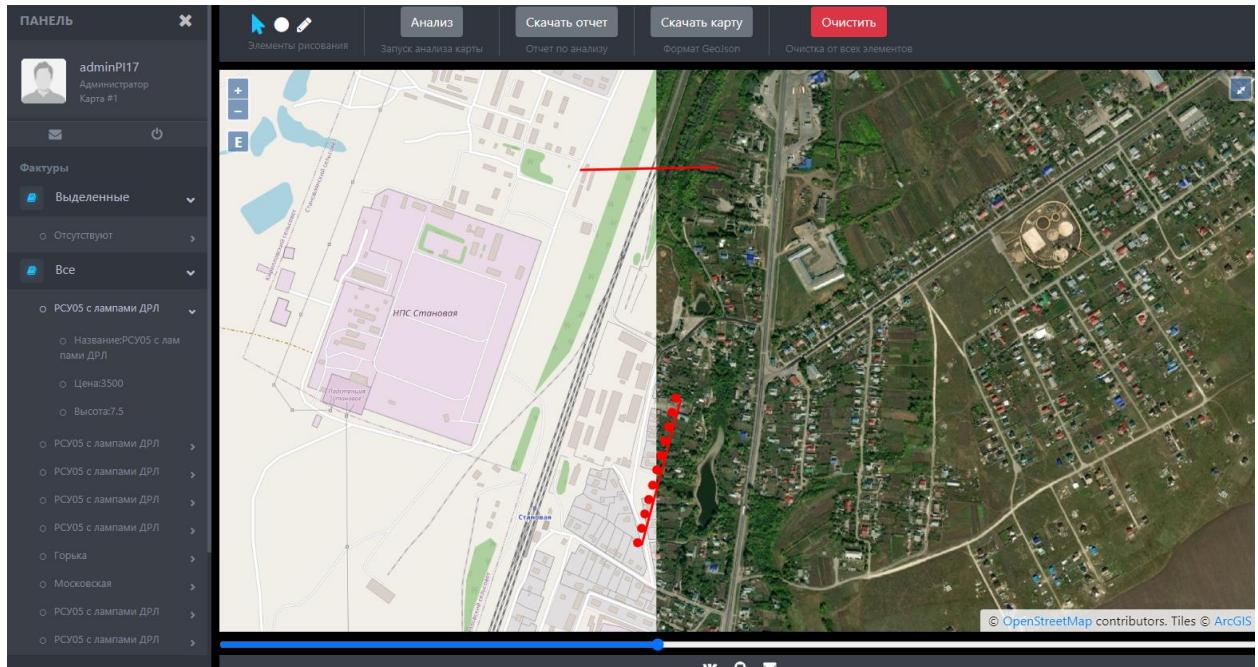


Рисунок 43 – Использование ползунка

4.3.3.7 Аварийные ситуации

В ходе выполнения работы могут появляться следующие сообщения об ошибках:

- «Карта с данным названием уже существует» - характеризует, что заявленное название карты занято;
- «Данная почта уже занята» - характеризует, что введенные данные уже кем-то используются;
- «Неверные данные» - характеризует, что введенные данные при авторизации указаны неверно;
- «Маленький бюджет» - характеризует, что бюджет мал для выполнения анализа;
- «Отсутствуют фонари» - характеризует, что требуется загрузить информацию по фонарям в систему;
- «Отсутствуют геоданные» - характеризует, что необходимо загрузить геоданные в систему;
- «Отсутствуют улицы на карте» - характеризует, что необходимо нарисовать улицы на карте для анализа.
- «Изменить приоритет в следующих улицах: ...» - характеризует ошибку, связанную с одинаковым рейтингом улиц.

4.3.4 Описание результатов работы программы.

Результатом работы программы является карта с расположенными на ней осветительными приборами (рисунок 44) и сгенерированный после анализа отчет (рисунок 45).

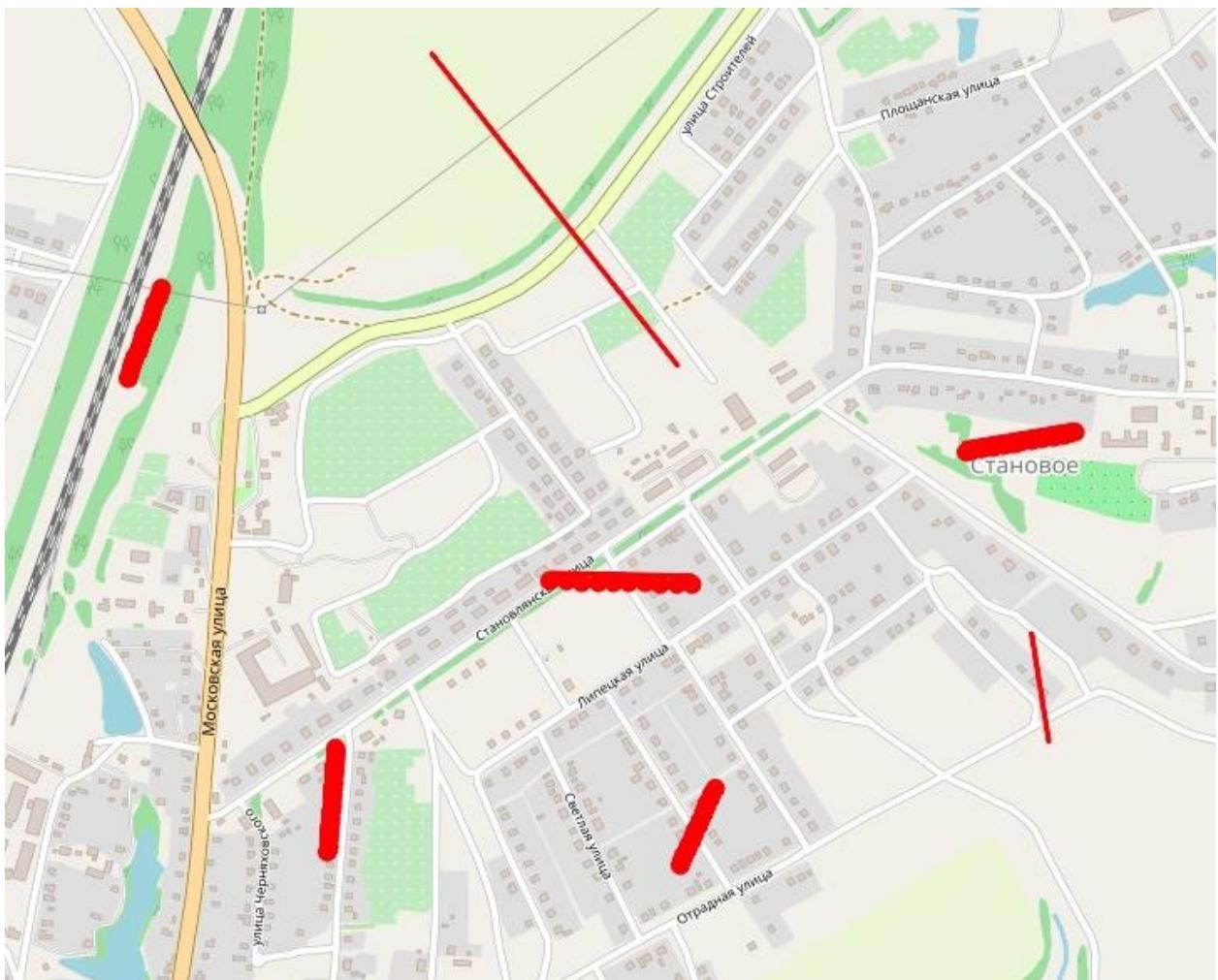


Рисунок 44 – Расположенные осветительные приборы на карте

№	Выбираем?	Название улицы	Класс объекта	Количество людей	Рейтинг	*Приоритет	Количество фонарей		Высота установки	Расстояние между фонарями	Стоимость одного фонаря	Общая стоимость всех фонарей
							Название фонаря	Фонарей				
1 Да	[отсутствует]_4	В1		29	43,5	1	PCU05 с лампами Д	21	7,5	9	3500	73500
2 Да	[отсутствует]_1	В3		44	26,4	1	PCU05 с лампами Д	10	7,5	24	3500	35000
3 Да	[отсутствует]_2	П2		18	18	1	PCU05 с лампами Д	16	7,5	9	3500	56000
4 Да	[отсутствует]_0	A4		7	14	3	PCU05 с лампами Д	19	7,5	9	3500	66500
5 Да	[отсутствует]_6	П2		14	14	2	PCU05 с лампами Д	18	7,5	9	3500	63000
6 Нет	[отсутствует]_5	A1		22	66	1	PCU05 с лампами Д	76	7,5	9	3500	266000
7 Нет	[отсутствует]_3	П6		8	0,8	1	PKU01 с лампами Д	5	8,5	34	4100	20500
Суммарный рейтинг выбранных улиц: 115,9												
Весь бюджет: 300000												
Всего потрачено на фонари: 294000												
Осталось после покупки: 6000												
*Приоритет = Данный параметр используется лишь тогда, когда у улиц одинаковый рейтинг.												

Рисунок 45 – Сгенерированный отчет после анализа

Заключение

Результатом выпускной квалификационной работы стала программная реализация автоматизированной системы помощи в распределении выделенных материальных ресурсов на освещение улиц с максимальным суммарным рейтингом.

В системе реализованы следующие функции:

- ведение единой базы пользователей;
- предоставление редактора карты для построения схем улиц;
- возможность загрузки данных геолокации людей и осветительных приборов;
- автоматическая расстановка источников освещения на карте;
- ввод параметров расстановки;
- генерация отчета по итогам анализа.

Выбранный вариант решения проблемы оказался верным. Цель работы была достигнута.

При выполнении выпускной квалифицированной работы были закреплены знания и навыки, полученные в университете по различным дисциплинам, а также освоена предметная область, которая была необходима при рассмотрении поставленных задач.

Одним из возможных направлений развитий работы является улучшение схемы расстановки осветительных приборов на карте.

Список источников

1. Справочник программного продукта Dialux. – URL: <https://www.dialux.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Справочник программного продукта NanoCAD Электро. – URL: <https://www.nanocad.ru/products/nanocadelectro/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. Справочник программного продукта Электроснабжение ЭС/ЭМ. - URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/construction/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Леонтьев Б.К.. GPS: Все, что Вы хотели знать, но боялись просить [Текст]: – Москва: Бук-Пресс, 2006 – 352с.
5. Бруснюк Н.Н, Мельянец Г.И.. Системы мобильной связи [Текст]: - Минск: БГТУ, 2018. – 153с.
6. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н.. Электрическое освещение [Текст]: - Минск: Техноперспектива, 2007 – 277с.
7. ГОСТ Р 5706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы (Переиздание) [Текст]: – Введ. 2014-07-01 – Москва: Стандартинформ , 2015. – 15с.
8. ГОСТ Р 55392-2012 Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения [Текст]: – Введ. 2013-07-01 – Москва: Стандартинформ , 2013. – 15с.
9. ГОСТ Р 58107.1-2018 Освещение автомобильных дорог общего пользования. Нормы и методы расчета [Текст]: – Введ. 2019-03-01 – Москва: Стандартинформ , 2018. – 12с.
10. ГОСТ 24940-2016 Здания и сооружения [Текст]: - Введ. 2017-04-01 – Москва: Стандартинформ, 2019. – 23с.
11. ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров [Текст]: – Введ. 2014-07-01 – Москва: Стандартинформ , 2015. – 26с.

12. Гоман В.В., Тарасов Ф.Е.. Проектирование и расчет систем искусственного освещения [Текст]: - Екатеринбург: УФУ, 2013 – 76с.
13. Статистика GlobalStats. - URL: <https://gs.statcounter.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
14. Справочник по HTML. - URL: <https://html.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
15. Справочник по CSS. - URL: <https://www.w3.org/Style/CSS/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
16. Справочник по LESS. - URL: <http://lesscss.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
17. Справочник по SASS. - URL: <https://sass-lang.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
18. Справочник по JavaScript. - URL: <https://www.javascript.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
19. Справочник по Dart. - URL: <https://dart.dev/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
20. Справочник по TypeScript. - URL: <https://www.typescriptlang.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
21. Справочник по Django. - URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
22. Справочник по PHP. - URL: <https://www.php.net/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
23. Справочник по Spring. - URL: <https://spring.io/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
24. Справочник по ASP.NET Core. - URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/introduction-to-aspnet-core?view=aspnetcore-3.1> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

25. Справочник по NodeJS. - URL: <https://nodejs.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
26. Справочник по GeoJSON. - URL: <https://geojson.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
27. Справочник по OpenLayers. - URL: <https://openlayers.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
28. Справочник по Mapbox. - URL: <https://www.mapbox.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
29. Справочник по Google Maps API. - URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
30. Справочник по Webpack. - URL: <https://webpack.js.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
31. Справочник по Symfony. - URL: <https://symfony.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
32. Справочник по Yii. - URL: <https://www.yiiframework.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
33. Справочник по Laravel . - URL: <https://laravel.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
34. Справочник по Composer. - URL: <https://getcomposer.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
35. Справочник по Npm. - URL: <https://www.npmjs.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
36. Справочник по Yarn. - URL: <https://yarnpkg.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
37. Справочник по Git. - URL: <https://git-scm.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
38. Справочник по PostgreSQL. - URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

39. Файлер М., Садаладж Дж.. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных [Текст]: – Москва: Диалектика, 2020 – 172 с.
40. Справочник по MySQL. – URL: <https://www.mysql.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
41. Справочник по Oracle. - URL: <https://www.oracle.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
42. Справочник по Microsoft SQL Server. - URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/sql-server/sql-server-2019> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
43. Справочник по Apache . - URL: <https://www.apache.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
44. Справочник по Nginx. - URL: <https://nginx.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
45. Справочник по Docker. - URL: <https://www.docker.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
46. Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н.. Справочная книга для проектирования электрического освещения – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст]: – СПб: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1992 – 448с.
47. Справочник по A-GPS . - URL: <https://agps-tracker.com/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
48. Справочник по Google архиватор. - URL: <https://support.google.com/a/answer/6396995?hl=ru> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа к данным: свободный. – Текст: электронный.
49. Руководство по Всемирной геодезической системе 1984 [WGS-84] – 2-е изд. [Текст]: Международная организация гражданской авиации, 2002 - 149с.
50. Ефимов Н.В., Краткий курс аналитической геометрии [Текст]: - Москва: Дом издателя, 1969 – 272с.

51. Справочник по Json. - URL: <https://www.json.org/json-en.html> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
52. Временные зоны поддерживаемые в PHP. - URL: <https://www.php.net/manual/ru/timezones.php> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
53. Таблица времени восхода и захода солнца. - URL: <https://timewek.ru/citysun.php> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
54. Архитектура 4+1. - URL: <https://www.win.tue.nl/~wstomv/edu/2ip30/references/Kruchten-4+1-view.pdf> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
55. Справочник по MVC. - URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/mvc/overview/getting-started/mvc-learning-sequence> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
56. Справочник по DTO. - URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/web-api/overview/data/using-web-api-with-entity-framework/part-5> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
57. Справочник по Doctrine ORM. - URL: <https://www.doctrine-project.org/> (дата обращения: 11.06.2021). - Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

Приложение А

справочное

Классы по освещению объектов улично-дорожной сети
представлены в таблице 1 [7].

Категории объекта	Класс объекта	Основное назначение объекта	Транспортная характеристика	Расчетная скорость движения, км/ч	Число полос движения	Пропускная способность, тыс. ед/ч
A Магистральные дороги и улицы общего назначения	A1 За пределами центра города	Автомагистрали, федеральные и транзитные трассы, основные магистрали города	Все виды транспорта, движение непрерывное, пересечения в разных уровнях	100	6-8	Св. 10
	A2 в центре города	Прочие федеральные дороги и основные улицы	Все виды транспорта, движение непрерывное и регулируемое, пересечение с магистралями в одном или разных уровнях	80-100	7-9	
	A3	Центральные магистрали, связующие улицы с выходом на магистрали класса A1	Все виды транспорта, кроме грузового, не связанного с обслуживанием центра. Интенсивное пешеходное движение, движение регулируемое, пересечение с магистралями в одном уровне	90	4-7	

Таблица 1 – Классы по освещению объектов улично-дорожной сети

Продолжение таблицы 1

Категории объекта	Класс объекта	Основное назначение объекта	Транспортная характеристика	Расчетная скорость движения, км/ч	Число полос движения	Пропускная способность, тыс. ед/ч
A Магистральные дороги и улицы общего назначения	В центре города	A4	Основные исторические проезды центра, внутренние транспортные связи центра города	Все виды транспорта, кроме грузового, не связанного с обслуживанием центра. Интенсивное пешеходное движение, движение регулируемое, пересечение с магистралями в одном уровне	80 4-6	3-5
B Магистрали и улицы районного значения	За пределами центра города В центре города	B1 B2	Основные дороги и улицы города районного значения	Все виды транспорта, движение регулируемое, пересечения в одном уровне Все виды транспорта, кроме грузового, не связанного с обслуживанием центра, движение регулируемое, пересечения в одном уровне	60-70 60 3-6	3-5 2-5

Окончание таблицы 1

Категории объекта	Класс объекта	Основное назначение объекта	Транспортная характеристика	Расчетная скорость движения, км/ч	Число полос движения	Пропускная способность, тыс. ед./ч
B Улицы местного значения	Жилая застройка за пределами центра города	B1	Транспортные и пешеходные связи в пределах жилых районов и выход на магистрали, кроме улиц с непрерывным движением	Легковой, специальный и обслуживающий грузовой транспорт, иногда общественный пассажирский, движение регулируемое, пересечения в одном уровне	60	2-4
	Жилая застройка в центре города	B2	Транспортные и пешеходные связи в жилых микrorайонах, выход на магистрали	Легковой, специальный и обслуживающий грузовой транспорт, движение регулируемое, пересечения в одном уровне		1,5-3
	В городских промышленных коммунальных и складских зонах	B3	Транспортные связи в пределах производственных и коммунальноскладских зон	Все виды транспорта, движение регулируемое, пересечения в одном уровне		0,5-2

Приложение Б

справочное

Классы по освещению пешеходных пространств предоставлены в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Классы по освещению пешеходных пространств

Класс объекта	Характеристика
П1	Площадки перед входами культурно-массовых, спортивных, развлекательных и торговых объектов
П2	Главные пешеходные улицы исторической части города и основных общественных центров административных округов, непроезжие и предзаводские площади, площадки посадочные, детские и отдыха
П3	Пешеходные улицы; главные и вспомогательные входы городских парков, санаториев, выставок и стадионов
П4	Тротуары, отделенные от проезжей части дорог и улиц; основные проезды микрорайонов, подъезды, подходы и центральные аллеи детских, учебных и лечебно-оздоровительных учреждений
П5	Второстепенные проезды и проходы на территориях микрорайонов, хозяйственные площадки на территориях микрорайонов, боковые аллеи и вспомогательные входы общегородских парков, центральные аллеи парков административных округов
П6	Боковые аллеи и вспомогательные входы парков административных округов

Приложение В

обязательное

Описание сущностей предоставлено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание сущностей

Сущность	Описание
Пользователь	Содержит информацию о пользователях
Карта	Содержит информацию о картах
Населенный пункт	Содержит информацию о населенных пунктах
Светильник	Содержит информацию о светильниках
Тип светораспределения	Содержит информацию о типах светораспределения ламп
Тип лампы	Содержит информацию о типах лампы

Спецификация связей представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Спецификация связей

Название связи	Сущность 2	Сущность 1	Сущность 1 -> Сущность 2	Сущность 2 -> Сущность 1
Бывает2	Светильник	Тип светораспределения	0,n	1,1
Бывает1	Светильник	Тип лампы	0,n	1,1
Привязана 1	Карта	Светильник	0,n	0,n
Привязана 2	Карта	Населенный пункт	1,n	0,1
Создана	Карта	Пользователь	0,n	1,1

Спецификация атрибутов сущности «Пользователь» представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация атрибутов сущности «Пользователь»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор пользователя	Int	X	X
Почта	Почта пользователя	Varchar(255)	X	
Пароль	Пароль пользователя	Varchar(255)	X	
Роль	Роль пользователя в системе	Json	X	

Спецификация атрибутов сущности «Карта» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Спецификация атрибутов сущности «Карта»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор карты	Int	X	X
Название	Название карты	Varchar(255)	X	
Данные объектов	Данные всех объектов, (улицы, фонари) расположенных на карте в формате GeoJson	Json	X	
Путь к отчету	Путь к отчету для данной карты	Varchar(1000)		

Спецификация атрибутов сущности «Населенный пункт» представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Спецификация атрибутов сущности «Населенный пункт»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор населенного пункта	Int	X	X
Название	Название населенного пункта	Varchar(255)	X	
Данные передвижения	Геоданные о передвижении людей в населенном пункте	Json		
Временной пояс	Временной пояс населенного пункта	Varchar(255)	X	
Ночные часы	Данные оочных часах населенного пункта	Json	X	

Спецификация атрибутов сущности «Светильник» представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Спецификация атрибутов сущности «Светильник»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор светильника	Int	X	X
Название	Название светильника	Varchar(1000)	X	
Световой поток	Световой поток светильника (Φ)	Float		
Цена	Цена светильника в рублях	Float	X	
Изолюкс	Данные графика изолюкс для светильника	Json	X	

Спецификация атрибутов сущности «Тип светораспределения» представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Спецификация атрибутов сущности «Тип светораспределения»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор светораспределения	Int	X	X
Название	Название светораспределения	Varchar(255)	X	
Таблица высот	Информация о минимальной высоте установки светильника при данном светораспределении по ГОСТу	Json	X	

Спецификация атрибутов сущности «Тип лампы» представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Спецификация атрибутов сущности «Тип лампы»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Обязательный	Первичный
Id	Идентификатор светораспределения	Int	X	X
Название	Название светораспределения	Varchar(255)	X	
Таблица коэффициентов	Информация о коэффициентах необходимых для вычисления шага установки светильников при данном типе лампы	Json	X	

Приложение Г

обязательное

Описание реляционных отношений предоставлено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание реляционных отношений

Сущность	Описание
Пользователь	Содержит информацию о пользователях
Карта	Содержит информацию о картах
Населенный пункт	Содержит информацию о населенных пунктах
Светильник	Содержит информацию о светильниках
Тип светораспределения	Содержит информацию о типах светораспределения ламп
Тип лампы	Содержит информацию о типах лампы
Привязана	Содержит информацию о лампах и связанными с ними картами

Спецификация реляционного отношения «Пользователь» представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Спецификация реляционного отношения «Пользователь»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор пользователя	Int4		X
Почта	Почта пользователя	Varchar(255)		
Пароль	Пароль пользователя	Varchar(255)		
Роль	Роль пользователя в системе	Json		

Спецификация реляционного отношения «Карта» представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация реляционного отношения «Карта»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор карты	Int4		X
Id населенного пункта	Идентификатор карты	Int4	X	
Id пользователя	Идентификатор пользователя	Int4	X	
Название	Название карты	Varchar(255)		
Данные объектов	Данные всех объектов, (улицы, фонари) расположенных на карте в формате GeoJson	Json		
Путь к отчету	Путь к отчету для данной карты	Varchar(1000)		

Спецификация реляционного отношения «Населенный пункт» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Спецификация реляционного отношения «Населенный пункт»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор населенного пункта	Int4		X
Название	Название населенного пункта	Varchar(255)		
Данные передвижения	Геоданные о передвижении людей в населенном пункте	Json		
Временной пояс	Временной пояс населенного пункта	Varchar(255)		
Ночные часы	Данные оочных часах населенного пункта	Json		

Спецификация реляционного отношения «Светильник» представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Спецификация реляционного отношения «Светильник»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор светильника	Int4		X
Id светораспределения	Идентификатор светораспределения	Int4	X	
Id типа лампы	Идентификатор типа лампы	Int4	X	
Название	Название светильника	Varchar(1000)		
Световой поток	Световой поток светильника (Φ)	Float8		
Цена	Цена светильника в рублях	Float8		
Изолюкс	Данные графика изолюкс для светильника	Json		

Спецификация атрибутов сущности «Тип светораспределения» представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Спецификация атрибутов сущности «Тип светораспределения»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор светораспределения	Int4		X
Название	Название светораспределения	Varchar(255)		
Таблица высот	Информация о минимальной высоте установки светильника при данном светораспределении по ГОСТу	Json		

Спецификация реляционного отношения «Тип лампы» представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Спецификация реляционного отношения «Тип лампы»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id	Идентификатор светораспределения	Int4		X
Название	Название светораспределения	Varchar(255)		
Таблица коэффициентов	Информация о коэффициентах необходимых для вычисления шага установки светильников при данном типе лампы	Json		

Спецификация реляционного отношения «Привязана» представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Спецификация реляционного отношения «Привязана»

Имя атрибута	Назначение атрибута	Тип атрибута	Внешний	Первичный
Id светильника	Идентификатор светильника	Int4	X	X
Id карты	Идентификатор карты	Int4	X	X

Приложение Д

справочное

Файл с конфигурациями php-fpm предоставлен на рисунке 1.

```
FROM php:7.2-fpm
RUN apt-get update && apt-get install -y \
    curl \
    wget \
    git \
    libfreetype6-dev \
    libjpeg62-turbo-dev \
    libmcrypt-dev \
    libpng-dev \
    libicu-dev \
    libxml2-dev \
    libpq-dev \
&& pecl install mcrypt-1.0.1 \
&& docker-php-ext-install -j$(nproc) intl bcmath soap pdo_pgsql zip \
&& docker-php-ext-configure gd --with-freetype-dir=/usr/include/ --with-jpeg-dir=/usr/include/ \
&& docker-php-ext-install -j$(nproc) gd \
&& docker-php-ext-enable mcrypt

RUN curl -s https://getcomposer.org/installer | php -- --install-dir=/usr/local/bin --filename=composer
ADD php.ini /usr/local/etc/php/conf.d/40-custom.ini

WORKDIR /app

CMD ["php-fpm"]
```

Рисунок 1 – Конфигурации php-fpm

Файл с конфигурациями php.ini предоставлен на рисунке 2.

```
upload_max_filesize = 100M
post_max_size = 108M
memory_limit = 200M
max_execution_time = 180s
realpath_cache_size = 16M

opcache.memory_consumption = 384
opcache.interned_strings_buffer = 32
opcache.max_accelerated_files = 16000

max_execution_time = 1000
max_input_time = 1000
```

Рисунок 2 – Конфигурации php.ini

Файл с конфигурациями Docker Compose предоставлен на рисунке 3.

```
version: "3.1"
volumes:
  postgres: ~
services:
  nginx:
    image: nginx:alpine
    working_dir: /app
    volumes:
      - ${PWD}:/app
      - ./docker/hosts/app.conf:/etc/nginx/conf.d/default.conf
      - ./docker/hosts/symfony:/etc/nginx/symfony
    ports:
      - "${NGINX_PORT}:80"
    links:
      - php
  postgres:
    image: postgres:alpine
    volumes:
      - postgres:/var/lib/postgresql/data
    environment:
      POSTGRES_USER: postgres
      POSTGRES_PASSWORD: postgres
  php:
    build: docker/images/php
    working_dir: /app
    user: ${UID:-1000}:${GID:-1000}
    volumes:
      - ${PWD}:/app
      - ${HOME}/.composer:/composer
    environment:
      - COMPOSER_ALLOW_SUPERUSER=1
    links:
      - postgres
  node:
    image: node:alpine
    environment:
      - YARN_CACHE_FOLDER=/yarn
    working_dir: /app
    user: ${UID:-1000}:${GID:-1000}
    volumes:
      - ${PWD}:/app
      - ${HOME}/.yarn:/yarn
```

Рисунок 3 – Конфигурации Docker Compose

Файл с конфигурациями Nginx предоставлен на рисунке 4.

```
server {
    server_name lanternmap.ru;
    listen 80;
    root /app/public;

    location / {
        try_files $uri /index.php$is_args$args;
    }

    location ~ ^/index\.php(/|$) {
        fastcgi_pass php:9000;
        fastcgi_split_path_info ^(.+\.php)(/.*)$;
        fastcgi_read_timeout 240s;
        include fastcgi_params;

        fastcgi_buffer_size 10240k;
        fastcgi_buffers 4 10240k;
        fastcgi_busy_buffers_size 10240k;
        client_body_timeout 1200;

        fastcgi_param SCRIPT_FILENAME $realpath_root$fastcgi_script_name;
        fastcgi_param DOCUMENT_ROOT $realpath_root;

        internal;
    }

    location ~ \.php$ {
        return 404;
    }
}
```

Рисунок 4 – Конфигурации Nginx

Приложение Е

обязательное

Спецификация структуры системного меню:

Количество опций: 15

Количество опций верхнего уровня: 2

Количество уровней: 4

Таблица 1 - Спецификация опций

Номер опции	Название	Условие доступности	Тип	Описание
1	Авторизация	Доступно, если пользователь не выполнил вход	Действие выполняемое сразу	Переход к основному меню
2	Регистрация			Переход к основному меню
1.1	Загрузка карты	доступно при успешной авторизации пользователя		Переход к окну «Работа с картой»
1.2	Выход с аккаунта	доступно при успешной авторизации пользователя		Выход из системы авторизованного пользователя
1.3	Загрузка людей	доступно при успешной авторизации пользователя в роли администратора		Загружает файл с геоданными людей
1.4	Загрузка фонарей	доступно при успешной авторизации пользователя в роли администратора		Загружает файл с информацией по осветительным приборам
1.5	Создать карту	доступно при успешной авторизации пользователя		Создает карту
1.6	Удалить карту	доступно при успешной авторизации пользователя и наличии карты		Удаляет карту
1.1.1	Анализ расстановки	доступно при успешной авторизации пользователя и наличии карты		Переход к окну «Параметры анализа»
1.1.2	Выход с карты	доступно при успешной авторизации пользователя и наличии карты		Переход к окну «Главное меню»
1.1.3	Элемент рисования	доступно при успешной авторизации пользователя и наличии карты		Взятие в фокус элемент рисования

Окончание таблицы 1

Номер опции	Название	Условие доступности	Тип	Описание
1.1.4	Скачать отчет	доступно при успешной авторизации пользователя, наличии карты	Действие выполняемое сразу	Скачивает отчет для данной карты в формате таблицы
1.1.5	Скачать карту	доступно при успешной авторизации пользователя, наличии карты		Скачивает карту в формате GeoJson
1.1.1.1	Ввод параметров	доступно при успешной авторизации пользователя и наличии карты и нажатии «Анализ расстановки»		Ввод параметров для анализа
1.1.1.2	Начало анализа	доступно при успешной авторизации пользователя, наличии карты и введённых параметров из пункта 1.1.1.1		Начало запуска алгоритма по поиску наилучшей расстановки осветительных приборов
1.1.3.1	Рисование элемента	доступно при успешной авторизации пользователя, наличии карты и взятия в фокус элемента рисования		Ручное рисование элементов на карте с помошь. редактора
1.1.3.2	Ввод параметров	доступно при успешной авторизации пользователя, наличии карты и введённых параметров из пункта 1.1.3.1		Ввод параметров для объекта карты(улицы)

Приложение Ж

обязательное

Спецификация структуры системы:

1. Модуль представления обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой. Данное взаимодействие предполагает отображение текущего состояния системы, элементы управления для передачи команд от пользователя системе, а также предоставляет возможность пользователю самостоятельно работать с картой в виде редактора.
2. Модуль логики системы обеспечивает выполнение основных функций системы по обработке данных и команд, получаемых с других слоёв системы.
3. Модуль работы с данными обеспечивает механизмы доступа к различным данным, с которыми работает система. Основными источниками являются данные о пользователях, картах, геолокации людей и осветительных приборов.
4. Логика взаимодействия заключается в отправке запроса к необходимому модулю, в результате которого будет возвращен ответ.

Приложение И

обязательное

Спецификация компонентов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Спецификация компонентов

Название	Технологии реализации	Используемые протоколы	Описание
Отображение текущего состояния системы	JavaScript, CSS, HTML, SASS	-	Отвечает за отображение интерфейса системы
Управление состоянием системы	JavaScript, CSS, HTML, SASS	http	Отвечает за вызов функций системы из других модулей, а также необходимые изменения со стороны клиента по их вызову
Работа с картой	JavaScript, CSS, HTML, SASS, OpenLayers	-	Отвечает за работу с картой
Составление рейтинга улиц	PHP, Symfony	-	Отвечает за составление рейтинга улиц
Анализ расстановки для приборов освещения	PHP, Symfony	http	Отвечает за анализ расстановки
Авторизация	PHP, Symfony	http	Отвечает за авторизацию пользователя
Регистрация	PHP, Symfony	http	Отвечает за регистрацию пользователя
Создание/Удаление карты	PHP, Symfony	http	Отвечает за создание, удаление и прочее взаимодействие с картой на стороне сервера
Загрузка данных пользователем	PHP, Symfony	http	Отвечает за загрузку файлов от пользователей
Работа с запросом	PHP, Symfony	http	Отвечает за парсинг запросов, а также за отправку ответов другим компонентам
База данных	PostgreSQL	postgresql protocol	Отвечает за хранение необходимой информации
Doctrine ORM	PHP	postgresql protocol	Отвечает за взаимодействие сторонних компонентов базой данных

Приложение К

обязательное

Спецификация пакетов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Спецификация пакетов

Имя	Родительский пакет	Список классов	Список пакетов	Описание
Frontend	-	-	mainCall, interanl	Содержит frontend разработку Вызов frontend
mainCall	Frontend	app-map, ScriptsStyle	-	Содержит компоненты по работе с картой
interanl	Frontend	-	htmlControllers, basis, start, map, mapControl, openLayers, server	
htmlControllers	interanl	ClearController, ContextMenuController, DownloadController, FullScreenController,MapControle r, SelectDrawController, SwipeController,TooltipController, UpdatePropFeatController, ZoomToExtentController,Analysis Controller	-	Содержит функционал html элементов (внешних), расположенных на карте
basis	interanl	DataContextMenu,DataHtml, DataMap,DataStyles	-	Содержит данные «по умолчанию»
start	interanl	OLComponent	-	Содержит объединение всех компонентов карты
map	interanl	MapInteraction	-	Содержит функционал по взаимодействию с картой
mapControl	interanl	ContextMenuControl,FullScreenCo ntrol, ZoomToExtentControl	-	Содержит настройку по внутренним элементам карты

Окончание таблицы 1

Имя	Родительский пакет	Список классов	Список пакетов	Описание
server	interanl	WorkWithServer		Содержит настройки по вызову запросов к backend части
openLayers	interanl	-	-	Сторонний пакет, включающий компоненты для работы с картой

Приложение Л

обязательное

Спецификация пакетов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Спецификация пакетов

Имя	Родительский пакет	Список классов	Список пакетов	Описание
Backend	-	-	mainCall	Содержит frontend разработку
mainCall	Backend	index	-	Вызов backend
symfony	Backend	-	httpKernel, routing, entity, easyAdmin, DTO, service, form, security, repository, controllers	Содержит основные компоненты серверной части
httpKernel	symfony	Kernel	-	Основной компонент symfony, который принимает запрос
routing	symfony	-	-	Пакет для определения маршрута запроса
controllers	symfony	DefaultController, MapController, MenuController, RegistrationController, SecurityController	-	Содержит основной функционал серверной части
entity	symfony	Сущности из базы данных	-	Содержит сущности по doctrine ORM
easyAdmin	symfony	-	-	Содержит администрирование
repository	symfony	Сущности из базы данных	-	Содержит основные запросы к базе данных
DTO	symfony	Объекты сериализации и десериализации	-	Содержит классы-сущности по паттерну DTO
security	symfony	UserAuthenticator	-	

Окончание таблицы 1

Имя	Родительский пакет	Список классов	Список пакетов	Описание
service	symfony	AnalysisReport, CalculationCoordinatesLights, CalculationListStreetByParameters, CleaningData, DataAveraging, DeterminationOffsetPeoples, GenerationDataMovement, GeneratorLanternOnMap, SavingFile, StreetRatingCalculation	-	Содержит основные сервисы серверной части
form	symfony	LanternFileType, LocalityGenerationType, LocalityType, MapType, RegistrationFormType	-	Содержит валидацию форм