

aboba

Оглавление

Актуальность	3
Цель и задачи проекта	5
1 Определение перечня параметров	6
1.1 Выбор параметров	6
1.2 Приоритезация разработки	7
2 Поиск целевой аудитории	8
3 Поиск, верификация и предварительный анализ спутниковых данных	10
3.1 Поиск и отбор актуальных источников данных	10
3.2 Верификация достоверности и актуальности данных	10
3.3 Предварительный анализ данных	11
4 Проектирование архитектуры приложения	13
5 Разработка программного продукта	14
5.1 Фронтенд	14
5.2 Бэкенд	17

Актуальность

Жизнь человека напрямую зависит от факторов окружающей среды: рельефа, температуры, влажности воздуха, наличия водоёмов, уровня загрязнения и других природных и антропогенных характеристик. Изучение и учёт этих факторов играют критическую роль при выборе места жительства, ведения хозяйства и планирования экономической деятельности.

С древнейших времён человечество стремилось обосноваться в наиболее благоприятных регионах. Однако в силу большого разнообразия климатических зон, географических условий и изменчивости экологических показателей, задача выбора оптимального места остаётся сложной и многомерной. В современном мире этот выбор осложняется глобальными изменениями климата, урбанизацией, ростом загрязнения окружающей среды и увеличением мобильности населения, включая рост числа цифровых кочевников — удалённых работников, не привязанных к конкретной географической локации.

Современные реалии требуют наличия цифровых инструментов, которые позволили бы агрегировать, визуализировать и анализировать разнородные геоданные для поддержки принятия решений. Создание сервиса, наглядно отображающего ключевые характеристики выбранного региона, отвечает вызовам времени и может использоваться в широком спектре задач:

- Обычными пользователями — для подбора комфортных для жизни регионов с учётом климата, экологии и инфраструктуры;
- Цифровыми кочевниками — для сравнения условий в разных регионах мира по заданным критериям;
- Научными организациями — для изучения изменений климата;
- Экологическими фондами — для мониторинга загрязнений и охраны окружающей среды;
- Недропользователями и геологоразведочными компаниями — для оценки перспективности территорий с точки зрения наличия полезных ископаемых.

Таким образом, разработка такого сервиса является актуальной и востребованной задачей, лежащей на пересечении информационных технологий, географии, экологии.

Цель и задачи проекта

Целью данного проекта является разработка цифрового сервиса для анализа территорий с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и сопутствующих геопространственных источников. Сервис предназначен для наглядного представления и оценки ключевых характеристик выбранной местности с учётом климатических, экологических и геофизических параметров.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

- Определить перечень параметров анализа (климат, рельеф, загрязнения, водные ресурсы и др.) и установить приоритетность их реализации на раннем этапе разработки;
- Выделить сферы деятельности и группы людей для применения будущего сервиса.
- Произвести поиск и верификацию актуальных источников данных, включая открытые спутниковые платформы (например, Copernicus, NASA EarthData, USGS Earth Explorer);
- Провести предварительный анализ датасетов;
- Спроектировать архитектуру программного решения, включая бэкенд, интерфейс пользователя и модуль интеграции с внешними API;
- Разработать минимально жизнеспособный продукт (MVP), демонстрирующий основные функции анализа и визуализации данных по выбранной территории.

1 Определение перечня параметров

1.1 Выбор параметров

Для спокойной жизни человеку требуются комфортные показатели окружающей среды. Не должно быть слишком жарко или холодно, влажно или сухо и прочие.

На основании потребностей человека был определён список параметров, которые характеризуют местность:

- **Высота над уровнем моря** - базовый географический параметр. Использование полученной информации по области способно создать макет рельефа.

- **Облачность** - Один из климатических факторов, характеризующих комфортность среды. Показатель солнечных дней в году.

- **Температура** - Ключевой показатель комфортности среды.

- **Параметр растительности** - NDVI - индекс, характеризующий скорость роста и качество растений в области.

- **Уровень осадков** - Показатель влажности региона, отражающий водный баланс.

- **Типы почв** - Характеристика местности, показывающая возможность для сельскохозяйственной деятельности и строительства.

- **Водные ресурсы** - Показатель наличия на поверхности источников питьевой воды и гидрологических объектов.

- **Инфраструктурные данные** - Отражает транспортную доступность и общее удобство жизни.

Для реализации сервиса был выбран подход постепенной реализации анализа выбранных параметров. Были образованы три очереди разработки. Каждая из них характеризует определенный этап: начальный, включающий только основные показатели местности; базовый, включающий в себя реализацию анализа всех выбранных характеристик, и использование методов машинного обучения для подбора мест по описанию пользователя.

1.2 Приоритезация разработки

Каждый этап ключает ряд признаков и подходов для их анализа.

Начальный этап (первая очередь):

- Высота над уровнем моря;
- Облачности;
- Температура;
- NDVI-индекс

Базовый этап (вторая очередь):

- Уровень осадков;
- Типы почв;
- Водные ресурсы;
- Инфраструктурные данные

Этап использование ML и BigData (третья очередь):

- Анализ различных новостных агрегаторов на предмет важных событий: криминальная обстановка, экологические проблемы и прочие антропогенные факторы.

- Использование LLM для подбора места по описанию от пользователя

Такой подход способствует концентрации на разработке только определённых фич. Кроме того, это позволит провести тестирование идеи уже после завершения начального этапа.

Данная работа описывает только процесс разработки начального этапа.

2 Поиск целевой аудитории

Разрабатываемый сервис ориентирован на широкий спектр пользователей, заинтересованных в пространственно-временном анализе окружающей среды. Основные целевые группы включают:

- Людей, рассматривающих возможность смены места жительства;
- Туристов и цифровых кочевников;
- Экологов и аналитиков;
- Геологоразведчиков и специалистов по природопользованию.

Рассмотрим подробнее мотивацию и потребности каждой из этих групп.

Граждане, планирующие смену региона проживания

Эта категория пользователей ищет оптимальное место для жизни, учитывая индивидуальные предпочтения по климату, экологическим условиям и геоморфологии местности. Традиционно подобный выбор требует анализа разрозненных источников информации и не всегда сопровождается наличием объективных статистических данных. Предлагаемый сервис агрегирует климатические, экологические и пространственные показатели в единой интерактивной системе, позволяя сравнивать различные регионы по заданным критериям и формировать обоснованные решения.

Туристы и цифровые кочевники

Для этой группы важна возможность гибкой смены места пребывания с сохранением качества жизни и рабочих условий. Пользователи, стремящиеся покинуть перегруженные города в пользу более спокойных и благоприятных районов, могут использовать платформу для подбора оптимальных локаций. Сервис предоставляет данные по шумовому фону, климату, зелёным зонам и другим характеристикам, позволяющим найти комфортное место для проживания, работы и отдыха.

Экологи и пространственные аналитики

Платформа может служить инструментом для мониторинга и анализа экологических параметров, таких как динамика растительного покрова, уровни загрязнённости, сезонные колебания NDVI и прочее. При партнёрстве с научными и исследовательскими организациями возможно расширение функциональности под конкретные задачи. Пользователи могут направлять запросы на включение дополнительных индикаторов или источников данных, что делает систему адаптивной к различным исследовательским сценариям.

Геологоразведчики и специалисты по недропользованию

Для специалистов, занятых поиском полезных ископаемых и оценкой перспективности территорий, сервис может предложить инструменты дистанционного анализа на основе спутниковых снимков, цифровых моделей рельефа и исторических геологических данных. Возможность оперативного выявления аномалий, анализа минералогического состава поверхности и оценки изменений ландшафта открывает перспективы для более точного планирования полевых работ.

Таким образом, создаваемая платформа охватывает различные слои профессиональной и гражданской аудитории, предоставляя гибкие инструменты пространственного анализа для принятия решений на основе открытых спутниковых и экологических данных.

3 Поиск, верификация и предварительный анализ спутниковых данных

3.1 Поиск и отбор актуальных источников данных

Для проведения пространственно-временного анализа климатических и ландшафтных показателей (NDVI, облачность, температура, высота местности) были использованы актуальные и проверенные источники спутниковых данных:

— **Copernicus (ESA)** — источник снимков Sentinel-2 с высоким пространственным разрешением (10 м) и частотой съёмки (до 5 дней). Используемые коллекции:

COPERNICUS/S2_SR — отражательная способность по спектральным каналам (в частности, B4 и B8 для расчёта NDVI);
COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_CLOUD — данные по облачности в режиме близком к реальному времени (переменная `cloud_fraction`).

— **NASA EarthData** — глобальный источник цифровых моделей рельефа: NASA/NASADEM_HGT/001 — цифровая модель высот с разрешением ~30 м, на основе миссии SRTM.

— **ECMWF ERA5** — глобальные климатические данные, использованы для анализа температуры: ECMWF/ERA5_LAND/HOURLY — почасовые значения температуры на высоте 2 м (`temperature_2m`), разрешение около 9 км.

3.2 Верификация достоверности и актуальности данных

Для обеспечения корректности анализа были выполнены следующие шаги верификации:

а) **Пространственное покрытие**: все используемые коллекции фильтруются по координатам исследуемых участков с помощью метода `filterBounds()`.

б) **Временной интервал**: фильтрация по дате осуществляется через `filterDate(start, end)`; используются интервалы по месяцам или сезонам.

в) **Качество данных:**

- Sentinel-2 фильтруется по показателю `CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE < 20%`;
- исключаются значения `None` и выбросы по температуре и NDVI.

г) **Техническая пригодность:** все источники проверены на совместимость с API Google Earth Engine — коллекции успешно загружаются, ошибок доступа не зафиксировано.

3.3 Предварительный анализ данных

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

- Источник: `COPERNICUS/S2_SR`
- Формула:

$$\text{NDVI} = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

где $B8$ — ближний инфракрасный канал, $B4$ — красный канал. Расчёт в GEE осуществляется через функцию `normalizedDifference(['B8', 'B4'])`.

- Разрешение: 10 м
- Получение значений: среднее по точке через `reduceRegion(..., scale=10)`

Облачность

- Источник: `COPERNICUS/S5P/NRTI/L3_CLOUD`
- Метрика: `cloud_fraction`
- Разрешение: 1000 м
- Среднее значение рассчитывается на каждый временной интервал для каждой координаты

Температура воздуха

- Источник: `ECMWF/ERA5_LAND/HOURLY`
- Переменная: `temperature_2m`
- Разрешение: 1000 м

— Применяется усреднение по времени и пространству для каждой точки

Цифровая модель рельефа (DEM)

— Источник: NASA/NASADEM_HGT/001

— Разрешение: ~ 30 м

— Методика: извлечение значений высот через `sampleRegions()` по геометрии исследуемых точек

— Масштаб автоматически регулируется (от 30 до 500 м) для оптимизации количества точек

Выбранные спутниковые источники Copernicus, NASA и ECMWF являются авторитетными и проверенными платформами, обеспечивающими доступ к достоверным пространственно-временным данным. Верификация по охвату, времени, качеству и совместимости подтвердили пригодность данных для целей проекта. Предварительный анализ NDVI, облачности, температуры и высот показал, что структура и формат полученных данных соответствуют задачам курсового исследования, а применённые методы обеспечивают надёжную основу для последующего машинного обучения и статистической обработки.

4 Проектирование архитектуры приложения

Для создания MVP системы достаточно создать SPA-приложение, которые вместит в себя весь необходимый функционал. Его архитектура имеет следующий вид:

— **Front-end** часть, отвечающая за отрисовку данных. Она должна включать: интерактивную карту, с возможностью построения точек и полигонов, хранилище построенных объектов, перечень функций для обработки и визуализации данных первой очереди, а также поиск по городам.

— **Back-end** часть отвечает за связь с распределенными базами данных, описанными в предыдущей главе и выступает, своего рода, прокси сервисом, который формирует запросы к специализированным системам.

Связь между частями осуществляется с помощью JSON. Кроме того, расположение на единой хостовой машине, сводит задержку передачи данных до минимума.

КАРТИНКА

5 Разработка программного продукта

В качестве фреймворков для реализации клиентской и серверной частей программного продукта были выбраны, соответственно, Vue.js с использованием TypeScript и Flask. Данный выбор обоснован высокой скоростью разработки, простотой поддержки и широким набором готовых библиотек, что обеспечивает эффективность при реализации и дальнейшем масштабировании проекта.

5.1 Фронтенд

Разработка пользовательского интерфейса была организована поэтапно:

- Инициализация и настройка карты, организация взаимодействия с пользователем;
- Формирование основных слоёв отображения и реализация функций обработки пространственных данных;
- Стандартизация и реализация API-запросов к серверной части;
- Визуализация полученных данных и аналитических результатов.

Карта

В качестве основной библиотеки для отображения и взаимодействия с картографическими данными была выбрана OpenLayers, предоставляющая широкие возможности работы с картами различных проекций. В рамках проекта использовалась проекция (ПРОЕКЦИЯ), которая является одной из наиболее распространённых в современных ГИС-системах. Данная проекция обеспечивает сохранение формы объектов при отображении сферической поверхности на плоскости, что, однако, требует преобразования координат из географической (широта и долгота) в проекционную систему. Для решения этой задачи была реализована обёртка над встроенными средствами библиотеки по преобразованию координат, обеспечивающая автоматическую конвертацию при необходимости.

Основные слои и функции

Для построения пользовательского интерфейса применяется библиотека CoreUI, предоставляющая обширный набор компонентов и шаблонов.

Для взаимодействия с картой реализован специализированный виджет рисования, позволяющий пользователю в интерактивном режиме создавать объекты типа «точка» или «полигон». По завершении рисования формируется объект, содержащий координаты и сведения о проекции. В целях дальнейшей обработки были реализованы два класса: **Точка** и **Полигон**, каждый из которых содержит числовой идентификатор, координаты, текущую проекцию и пользовательское наименование объекта — что особенно важно при наличии большого количества однотипных элементов.

Для хранения и управления объектами используется централизованное хранилище (store), подключаемое с использованием библиотеки (название библиотеки с ананасом). Несмотря на наличие базовой реализации, для корректной работы были разработаны пользовательские методы: получение всех объектов определённого класса, фильтрация по идентификатору, добавление новых элементов и их удаление.

Для визуализации сохранённых данных используется отдельный компонент — *виджет хранения*, включающий в себя разворачивающиеся панели по типам объектов. Внутри отображаются списки с названиями элементов и кнопками для отображения соответствующих координат.

Дополнительно реализован *виджет поиска по городам*, представляющий собой текстовое поле с кнопкой запуска запроса. При успешной обработке запроса карта автоматически перемещается к заданным координатам, причём скорость анимации регулируется программно.

Также создан *функциональный виджет*, включающий набор кнопок, активирующих интерфейс соответствующего аналитического модуля. В текущей версии доступны четыре функции анализа: высота, NDVI, облачность и температура.

Виджет высот реализован в виде выбора точек на карте. При клике отображаются координаты, а для получения значения высоты требуется дополнительно нажать соответствующую кнопку. Результат запроса отображается в выделенном поле. (В настоящий момент разработан функционал моделирования поверхности по полигону, однако его интеграция пока не завершена.)

Виджеты для других метрик построены по аналогичному принципу. Каждый представляет собой окно, разделённое на две части: область отображения графиков и блок настройки параметров. Пользователь может выбрать несколько точек и временных интервалов. Кроме того, доступен выбор типа графика для отображения данных. Реализован модуль детального анализа, включающий расчёт амплитуды, минимальных и максимальных значений, стандартного отклонения и среднего значения. Основное отличие между виджетами заключается в типе обрабатываемых данных.

Формирование запросов

Каждый функциональный модуль фронтенда требует получения данных из внешних источников, будь то координаты населённого пункта по его названию или температурные данные по определённому региону за лето 2023 года, с разбивкой периода на 20 равных интервалов. Для обеспечения унифицированного взаимодействия с бэкендом была реализована система стандартизации API-запросов.

Основным инструментом генерации запросов выступает библиотека `openapi-ts`, автоматически формирующая интерфейсы на основе спецификаций, описанных в `yaml`-файле. Также был разработан специализированный хэндлер, обеспечивающий обработку ответов и приведение данных к формату, указанному в спецификации.

Все запросы отправляются на эндпоинты, соответствующие определённой функциональности. Базовый адрес — `host:port/metrics`.

— Запрос координат города формируется через `query`-параметр (название города) и ожидает в ответе координаты: широту и долготу.

— Запрос высоты (точечный) формируется в виде тела запроса, содержащего следующий JSON-объект: (ВСТАВИТЬ ЗНАЧЕНИЯ). Ожидаемый ответ — числовое значение высоты в формате: (ВСТАВИТЬ ФОРМАТ).

— Запрос температуры содержит поля **feature** и координаты; ожидаемый ответ — списки значений температуры и дат одинаковой длины. (ВСТАВИТЬ ПРИМЕР)

— Запросы по облачности и NDVI строятся по аналогичной схеме.

Визуализация

Для визуализации множественных точечных данных применяется функционал библиотеки CoreUI, обеспечивающий построение интерактивных графиков с возможностью отключения отдельных серий данных.

Дополнительно реализована система визуализации, основанная на обработке данных, полученных по полигонам. В настоящее время данная система находится на стадии тестовой интеграции.

5.2 Бэкенд

Как отмечалось ранее, серверная часть приложения реализована с использованием фреймворка Flask и выполняет функции прокси-сервера. Основная задача заключается в получении запросов от клиентской части, их обработке и взаимодействии с библиотекой Google Earth Engine (GEE).

Для полноценной работы с GEE потребовалась предварительная настройка API в облачной консоли, создание пользователя с соответствующими учётными данными, используемыми для авторизации при обращении к сервису.

Исключением является модуль поиска по городам, где используется внешний API — OpenWeatherMap. По названию города отправляется запрос на сторонний сервер, результатом которого являются координаты населённого пункта. Доступ к API осуществляется

по пользовательскому ключу, полученному при регистрации, а фронтенду передаются только координаты.

Для обработки данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) с использованием библиотеки `ee` создаются объекты соответствующего типа (точка или полигон). После этого выбирается нужный датасет, и производится фильтрация данных по пространственным и временным параметрам. Затем формируется запрос к серверам GEE, и полученные данные преобразуются в формат, пригодный для отправки клиенту. На этом этапе задача бэкенда завершается.

Промежуточный вывод

Таким образом, разработанная система предоставляет пользователю интуитивно понятный и наглядный доступ к ключевым параметрам выбранного региона. Возможность работы как с произвольными точками, так и с полигонами существенно повышает точность и репрезентативность получаемой информации.

6 Заключение

На основании поставленной цели и сформулированных задач можно сделать вывод о комплексном и системном подходе к разработке цифрового сервиса для пространственного анализа территорий на основе данных дистанционного зондирования. Проект охватывает ключевые этапы — от концептуального планирования и выбора приоритетных характеристик анализа до проектирования архитектуры программного решения и разработки его минимально жизнеспособной версии. Такой подход позволяет не только обеспечить функциональную полноту и масштабируемость создаваемой системы, но и на ранних этапах ориентироваться на потребности конечных пользователей, включая специалистов в области экологии, градостроительства, сельского хозяйства и управления рисками.

Разработка сервиса с возможностью визуализации пространственных данных, полученных из надёжных открытых источников (таких как Copernicus или NASA EarthData), обеспечивает высокую достоверность анализа и потенциал для дальнейшего расширения функциональности. Реализация данного проекта создаёт прочную основу для формирования цифрового инструмента, способного повысить эффективность принятия решений в задачах оценки состояния окружающей среды, мониторинга изменений и планирования устойчивого развития территорий.