

УДК 004.4

doi 10.54708/22259309_2026_13580

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЕКТОРНЫХ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ СЛОЕВ

А. Д. ХАНМУРЗИНА¹, А. С. ШАРИПОВ²

¹alinakhanmurzina@mail.ru, ²sharipoff.azamat@yandex.ru

¹⁻²ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. Оценка взаимного расположения векторных геопространственных слоев является важной задачей в геоинформатике, картографии и анализе пространственных данных. Она позволяет определять области пересечения, наложения и взаимодействия между различными геопространственными объектами, что особенно актуально для таких областей, как экологический мониторинг, транспортная логистика, метеорология и космические исследования. В статье рассматривается разработка программного решения для анализа, а также проведен обзор существующих решений и выявлены их ограничения.

Ключевые слова: геопространственные данные; векторные слои; визуализация; пересечение объектов; GeoJSON; веб-приложение; геоинформационные системы.

ВВЕДЕНИЕ

В представленной работе рассматривается разработка программного обеспечения для оценки взаимного расположения векторных геопространственных слоев.

Векторный слой – это группа схожих географических объектов, например, горных массивов, лесов, водоемов или городов. Современные геоинформационные системы активно используют векторные геопространственные слои для представления данных о природных и антропогенных объектах. Оценка их взаимного расположения позволяет решать задачи, связанные с анализом пересечений, наложений и других форм взаимодействия. Например, при изучении траектории спутника и зоны полярного сияния важно точно определить моменты входа и выхода спутника из зоны. Однако существующие решения имеют некоторые ограничения. Это делает актуальной разработку специализированных программных решений.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

В результате анализа современных геоинформационных платформ, представленных на рынке, были выявлены преимущества и существенные ограничения, препятствующие их применению в определенных условиях. Рассматриваемые платформы, такие как Google Earth Engine, CARTO и ArcGIS Online, безусловно, обладают мощным функционалом для работы с пространственными данными, однако каждую из них характеризуют специфические недостатки:

1) Google Earth Engine (GEE):

– Сильная сторона: платформа мощна и эффективна для обработки и анализа больших массивов растровых данных, особенно – спутниковых снимков. Облачная инфраструктура делает ее лидером в задачах глобального мониторинга, анализа временных рядов изображений и алгоритмов машинного обучения на растровых данных.

– Существенное ограничение: GEE имеет слабую поддержку векторных данных. Работа с векторными слоями (точки, линии, полигоны) в GEE ограничена по сравнению с растровыми операциями. Функции для сложного векторного анализа, редактирования, топологической обработки или работы с большими векторными наборами данных либо отсутствуют, либо крайне неэффективны и неудобны. Это делает платформу непригодной для задач, где векторные данные являются основными или требуют интенсивной обработки.

2) CARTO и ArcGIS Online:

– Сильная сторона: обе платформы предоставляют комплексные решения для визуализации, анализа, публикации и совместной работы с геопространственными данными через веб-интерфейс. Они предлагают широкий спектр инструментов для создания интерактивных карт, геокодирования, пространственного анализа (включая векторный), построения дашбордов и интеграции данных.

– Ограничение: основная проблема для пользователей в России заключается в том, что официальные сервисы CARTO и ArcGIS Online недоступны (либо их функциональность серьезно ограничена) из-за санкционных ограничений.

– Дополнительное ограничение: обе платформы работают по модели платных подписок. Полноценное использование их функционала требует существенных финансовых затрат на лицензии, которые могут быть неподъемными для небольших организаций, исследовательских групп или образовательных учреждений, особенно – в условиях ограниченного доступа.

Эти ограничения подтверждают актуальность разработки нового программного обеспечения для оценки взаимного расположения векторных геопространственных слоев.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим декомпозицию поставленной задачи, формализованную посредством методологии IDEF0 (рис.1).

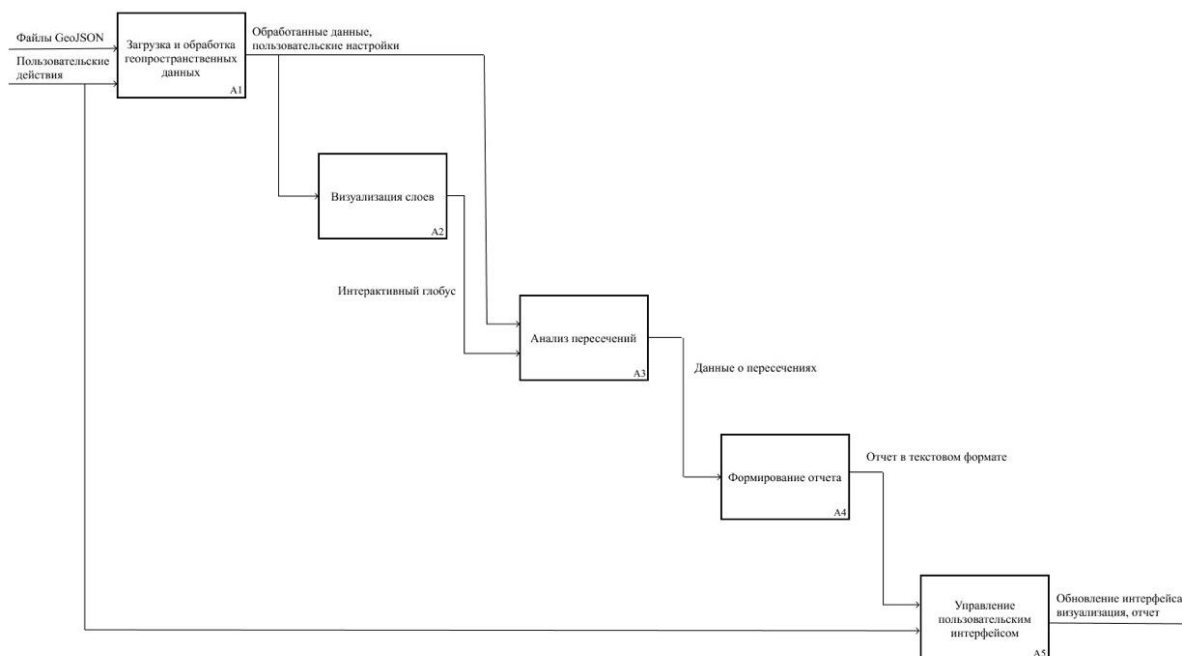


Рис. 1. Декомпозиция задачи оценки взаимного расположения векторных геопространственных слоев

В общем виде выделенная декомпозиция может быть описана следующим образом:

Блок A1: загрузка и обработка геопространственных данных.

Входы: файлы GeoJSON, пользовательские действия.

Выходы: обработанные данные, готовые для визуализации.

Описание:

- Загрузка двух и более слоев GeoJSON.
- Проверка корректности данных (формат, система координат).
- Преобразование данных в единую систему координат (WGS84).
- Подготовка данных для визуализации (оптимизация, группировка).

Блок А2: Визуализация слоев.

Входы: Обработанные данные, пользовательские настройки.

Выходы: Интерактивная карта (глобус или плоская карта).

Описание:

- Переключение между глобусом и плоской картой.
- Отображение слоев с учетом порядка, заданного пользователем.
- Выделение областей пересечения слоев.

Блок А3: Анализ пересечений.

Входы: Обработанные данные, пользовательские настройки.

Выходы: Данные о пересечениях (координаты, атрибуты).

Описание:

- Определение областей пересечения слоев.
- Сопоставление атрибутов исходных объектов в точках пересечения.
- Формирование структурированных данных для отчета.

Блок А4: Формирование отчета.

Входы: Данные о пересечениях.

Выходы: Отчет в текстовом или графическом формате.

Описание: Генерация отчета с указанием точек пересечения и атрибутов.

Блок А5: Управление пользовательским интерфейсом.

Входы: Пользовательские действия (загрузка данных, настройки).

Выходы: Обновление интерфейса, визуализация, отчет.

Описание:

– Обработка пользовательских действий (загрузка файлов, выбор слоев, настройка визуализации).

– Обновление интерфейса в реальном времени.

Для реализации веб-приложения выбран следующий стек технологий:

- Серверная часть: Python и Django, обеспечивающие простоту разработки и поддержку геопространственных вычислений (библиотеки Geopandas, numpy).
- Клиентская часть: JavaScript и ArcGIS API для 3D-визуализации на глобусе или плоской карте.

Программа включает в себя следующий функционал:

- Загрузка пользовательских слоев из txt и json файлов.
- Визуализация слоев на трехмерном глобусе и двухмерной карте.
- Возможность сохранения слоев между пользовательскими сессиями.
- Получение краткого анализа для каждого слоя в интерфейсе.
- Анализ и визуализация пересечений.

На рис. 2 представлена визуализация интерфейса разрабатываемого приложения:

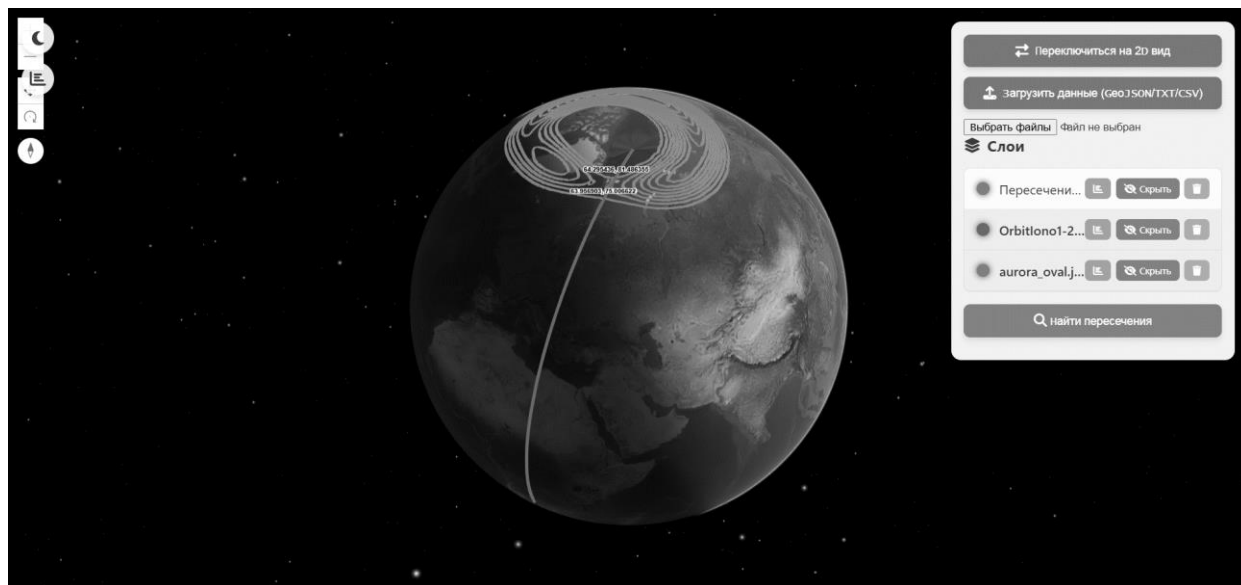


Рис. 2. Визуализация интерфейса разрабатываемого приложения

Данное приложение позволит загружать и обрабатывать несколько слоев GeoJSON, визуализировать данные на глобусе или плоской карте, определять области пересечения слоев и формировать отчеты и анализировать динамические изменения, такие как перемещение спутника через зону полярного сияния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разрабатываемое программное решение для оценки взаимного расположения векторных геопространственных слоев демонстрирует высокую эффективность и актуальность. Оно позволит заместить недоступные зарубежные аналоги и предоставит пользователям бесплатный инструмент для анализа и визуализации данных. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию алгоритмов для работы с еще большими объемами данных и интеграцию с другими геоинформационными сервисами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ArcGIS Pro Help. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pro.arcgis.com/>
2. Google Earth Engine Guide. [Электронный ресурс]. – URL: <https://developers.google.com/earth-engine>
3. CARTO Platform Overview. [Электронный ресурс]. – URL: <https://carto.com/>
4. **Воробьев, А. В.** Подход к динамической визуализации разнородных геопространственных векторных изображений / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2024. – Т. 48. – № 1. – С. 123-138. – DOI 10.18287/2412-6179-CO-1279.
5. **Воробьев, А. В.** Индуктивный метод восстановления временных рядов геомагнитных данных / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 2(57). – С. 104-133. – DOI 10.15622/sp.57.5.
6. **Воробьев, А. В.** Концепция единого пространства геомагнитных данных / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева, Н. И. Юсупова // Труды СПИИРАН. – 2019. – Т. 18. – № 2. – С. 390-415. – DOI 10.15622/sp.18.2.390-415.
7. **Воробьев, А. В.** Подход к обнаружению и устранению артефактов пространственных изолиний в приложениях Веб-ГИС / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47. – № 1. – С. 126-136. – DOI 10.18287/2412-6179-CO-1127.
8. **Воробьев, А. В.** Оценка влияния геомагнитной активности на метрологические характеристики инклинометрических информационно-измерительных систем / А. В. Воробьев, Г. Р. Воробьева // Измерительная техника. – 2017. – № 6. – С. 21-24.

ОБ АВТОРАХ

ХАНМУРЗИНА Алина Дамировна, студентка каф. ВМиК;

ШАРИПОВ Азамат Салаватович, студент каф. ВМиК.

METADATA

Title: «Software development for estimating the relative position of vector spatial layers»

Author: A. D. Khanmurzina¹, A. S. Sharipov²

Affiliation: ^{1,2} Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹alinakhanmurzina@mail.ru, ²sharipoff.azamat@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (35), pp. 80-84, 2026. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: Estimating the relative position of vector geospatial layers is an important task in geoinformatics, cartography, and spatial data analysis. It allows you to identify areas of intersection, overlap, and interaction between different spatial objects, which is especially important for areas such as environmental monitoring, transport logistics, meteorology, and space research. The article discusses the development of a software solution for analysis, as well as an overview of existing solutions and their limitations.

Key words: geospatial data, vector layers, visualization, intersection of objects, GeoJSON, web application, geoinformation systems.

About authors: