

УДК 004.932

Повышение эффективности визуализации геоданных в ГИС

Жидков Егор Ильич

e.jidkov@gmail.com

Горячкин Борис Сергеевич^(*)

bsgor@mail.ru

SPIN-код: 5465-3012

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема оптимизации отображения больших массивов геоданных в ГИС. Представлены подходы к минимизации нагрузки на клиентскую часть системы за счет серверной кластеризации с использованием DBSCAN и оптимизации обработки данных через RemoteObjectManager. Проанализированы преимущества интеграции Yandex API, Postgres и Redis для эффективного хранения, кеширования и визуализации информации. Эксперименты показали, что предложенная система обеспечивает высокую производительность при работе с тысячами объектов, сохраняя отзывчивость интерфейса. Практическая значимость заключается в возможности адаптации системы для различных отраслей, требующих обработки геопространственных данных.

Ключевые слова: ГИС, кластеризация, Yandex API, RemoteObjectManager, DBSCAN, Postgres, Redis

Improving the efficiency of geodata visualization in GIS

Zhidkov Egor Ilych

e.jidkov@gmail.com

Goryachkin Boris Sergeevich^(*)

bsgor@mail.ru

SPIN-code: 5465-3012

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The problem of optimization of displaying large arrays of geodata in GIS is considered. Approaches to minimize the load on the client part of the system by means of server clustering using DBSCAN and optimization of data processing through RemoteObjectManager are presented. The advantages of integrating Yandex API, Postgres and Redis for efficient storage, caching and visualization of information are analyzed. Experiments have shown that the proposed system provides high performance when working with thousands of objects while maintaining the responsiveness of the interface. The practical significance lies in the possibility of adapting the system for various industries requiring geospatial data processing.

Keywords: GIS, clustering, Yandex API, RemoteObjectManager, DBSCAN, Postgres, Redis

Введение. Разработка высокопроизводительных геоинформационных систем (ГИС) требует внедрения современных технологий для обработки и визуализации больших объемов пространственных данных [1]. Актуальной задачей таких систем является обеспечение быстрого и отзывчивого отображения

объектов на карте при минимальной задержке, особенно при работе с тысячами сущностей. В рамках проекта разработки универсального ГИС-сервиса была создана система, оптимизирующая отрисовку данных за счет комбинации серверной кластеризации, эффективного хранения информации и использования передовых картографических API.

Сервис, разрабатываемый в рамках проекта, использует RemoteObject Manager из Yandex API [2], алгоритм кластеризации DBSCAN, а также СУБД Postgres и Redis [3] для хранения и кеширования пространственных данных. При этом ключевым направлением исследования стало повышение эффективности визуализации большого количества объектов на карте за счет комбинированного подхода к обработке данных: предварительная кластеризация на сервере, интеллектуальное кеширование и адаптивное отображение на клиенте в зависимости от масштаба и параметров запроса.

Гипотеза заключается в том, что интеграция кластеризации на основе плотности (DBSCAN) с серверным кэшированием и механизмами интеллектуальной подгрузки объектов позволит существенно сократить время отклика интерфейса и уменьшить нагрузку на клиентскую часть.

Таким образом, в работе исследуются методы построения универсального и масштабируемого ГИС-сервиса, способного обеспечивать высокую производительность и гибкость визуализации при работе с большими массивами геоданных.

Ключевой задачей стало обеспечение универсальности системы для применения в различных отраслях, где требуется работа с большими массивами геоданных.

Структура статьи включает анализ методов визуализации данных в ГИС, описание архитектуры системы, детали реализации алгоритмов кластеризации, а также результаты тестирования, демонстрирующие преимущества предложенного подхода.

Материалы и методы. В качестве основы для картографических операций использовался Yandex API, предоставляющий инструменты для отрисовки объектов, кластеризации и маршрутизации. Данный механизм работы с картой был выбран так как он обладает большим количеством функций, которые упрощают отображение данных в GeoJson [4] формате, получая их с сервера. Однако может использоваться любая технология, которая умеет работать с данным форматом, который является стандартом в современных реализациях ГИС.

Для минимизации нагрузки на клиентскую часть системы был выбран компонент RemoteObjectManager, предоставляемый Yandex Maps API. Его использование обусловлено необходимостью обработки и отображения больших массивов геоданных — в отдельных случаях до нескольких тысяч объектов одновременно. В отличие от стандартных методов визуализации, где вся обработка точек и кластеризация выполняется на клиенте, RemoteObjectManager позволяет делегировать эти задачи на сервер, что критически важно для обеспечения стабильной производительности при масштабировании количества данных.

Техническое преимущество заключается в следующем: вместо передачи и отрисовки полного набора точек на клиент, компонент взаимодействует с сервером по протоколу, оптимизированному для выборки объектов только в пределах текущей области видимости карты. Более того, он использует оверлеи — абстракции, позволяющие отображать обобщенные представления объектов, что снижает объем передаваемых данных и нагрузку на DOM.

Хранение геопространственных данных реализовано через СУБД Redis. Выбор Redis был обусловлен тем, что позволяет хранить данные в сортированных списках (ZSET), но с кодированием и декодированием данных о местоположении на лету и новым API. Данные в данной структуре хранятся в формате Geohash, которая разбивает поверхность земли на ячейки в формате сетки и кодирует каждую ячейку в строку букв и цифр. Все это обеспечивает высокую скорость доступа к данным через такие команды как: GEOSEARCHWITH, GEORADIUS, GEORADIUSBYMEMBER [5]. Преимущество этих команд в оценке их сложности по формуле $O(N+\log M)$, где N — количество элементов внутри ограничивающей рамки круговой области, ограниченной центром и радиусом; M — количество элементов внутри индекса.

Атрибутивная информация (названия, метаданные) сохранялась в реляционной СУБД PostgreSQL, что позволяет эффективно фильтровать объекты по параметрам. При появлении новой информации, данные синхронизировались с Redis, в который записывалась сущность с требуемой информацией для отображения на ГИС.

Результаты. В ходе исследования были проанализированы подходы к повышению эффективности обработки и визуализации больших массивов геоданных в геоинформационных системах (ГИС), включая кластеризацию на основе плотности (DBSCAN), пространственную индексацию с использованием Geohash, серверное кеширование с помощью Redis, а также адаптивную загрузку и отображение данных через компонент RemoteObjectManager.

Процесс обработки данных начинается с получения координат области запроса, задаваемых пользователем. Введенные координаты определяют левый нижний и правый верхний углы области карты, которая подлежит анализу. На следующем этапе выполняется запрос к базе данных Redis с использованием команды GEOSEARCHWITH, позволяющей найти объекты в пределах заданных границ и получить их координаты.

После получения данных выполняется их фильтрация. При необходимости к объектам запрашиваются дополнительные атрибуты, которые затем используются для отбора только тех элементов, что соответствуют заданным критериям. Далее определяется уровень приближения карты. Если масштаб карты низкий, область делится на 4^n прямоугольников (где $n \geq 3$), и найденные объекты группируются по центрам этих прямоугольников. В случае высокого уровня приближения объекты отображаются в исходных координатах без группировки.

Если объекты находятся в непосредственной близости друг к другу, применяется алгоритм кластеризации DBSCAN [6]. Этот метод позволяет авто-

матически формировать группы объектов без необходимости заранее задавать количество кластеров, основываясь на плотности их распределения. Такой подход позволяет динамически настраивать расстояние, при котором объекты считаются частью одного кластера, что делает визуализацию более точной и удобной.

После определения кластеров и объектов формируется JSON-структура, содержащая всю необходимую информацию. Затем данные передаются клиенту, где они визуализируются с учетом масштаба и структуры кластеров. Таким образом, система обеспечивает эффективную обработку и отображение геоданных, адаптируя уровень детализации к масштабу карты и минимизируя нагрузку на клиентскую часть.

На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма обработки данных.

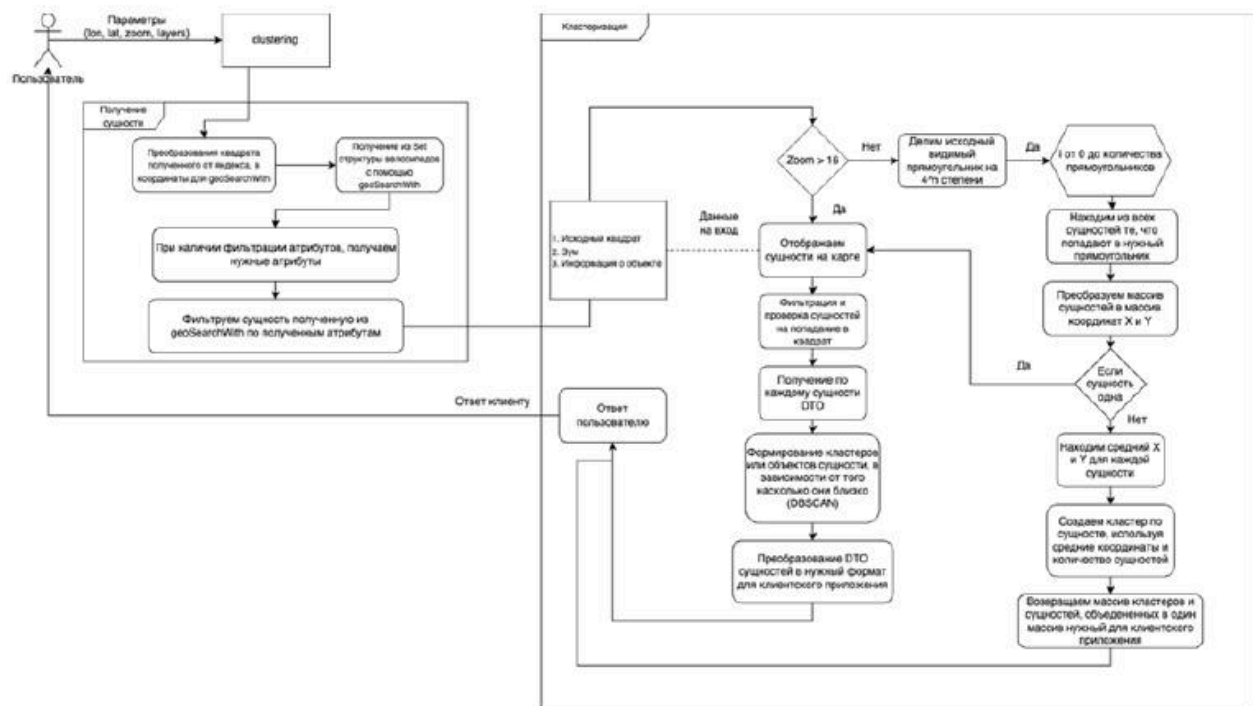


Рис. 1. Алгоритм обработки данных

В результате были проведены эксперименты для проверки эффективности RemoteObjectManager по сравнению с другими менеджерами объектов. На рис. 3 представлены результаты экспериментов, по анализу эффективности и нагрузки на систему.

Дополнительно было проведено сравнение данных на интерфейсе, представленных на рис. 3, где анализировались результаты кластеризации с использованием DBSCAN и встроенного метода кластеризации Yandex API.

Обсуждение полученных результатов. Разработанная система обеспечивает универсальную и эффективную обработку геоданных благодаря использованию Redis для быстрого хранения и управления пространственной информацией. Использование RemoteObjectManager показало наилучшие по-

казатели относительно других встроенных методов используемых в Yandex API. Внедрение точной и адаптивной кластеризации повышает качество визуализации объектов на карте и снижает нагрузку на клиентскую часть. Гибкость настроек кластеризации и отображения данных позволяет адаптировать систему под различные задачи, обеспечивая высокую производительность и широкие возможности применения в геоинформационных системах.

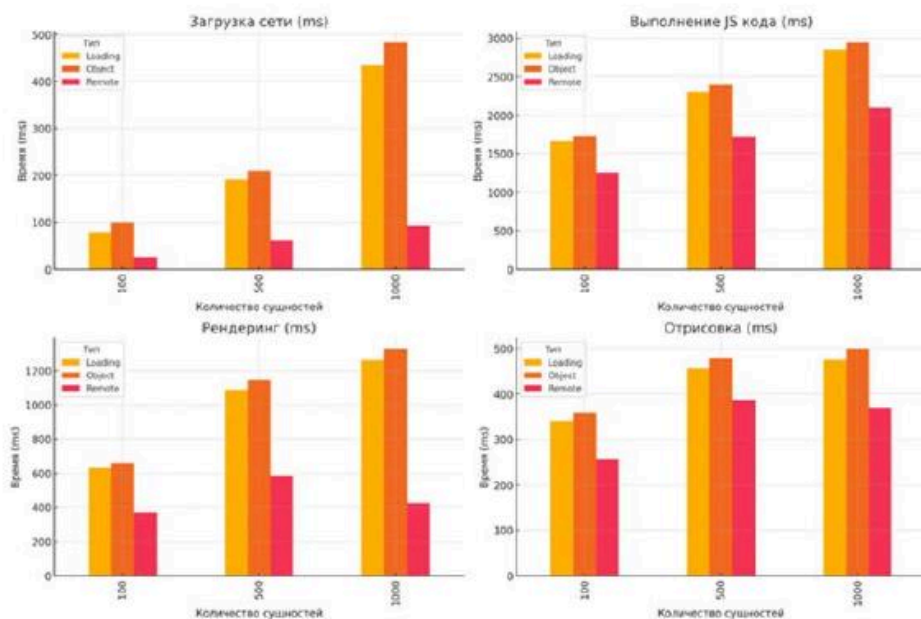


Рис. 2. Показатели метрик относительно разных видов Manager

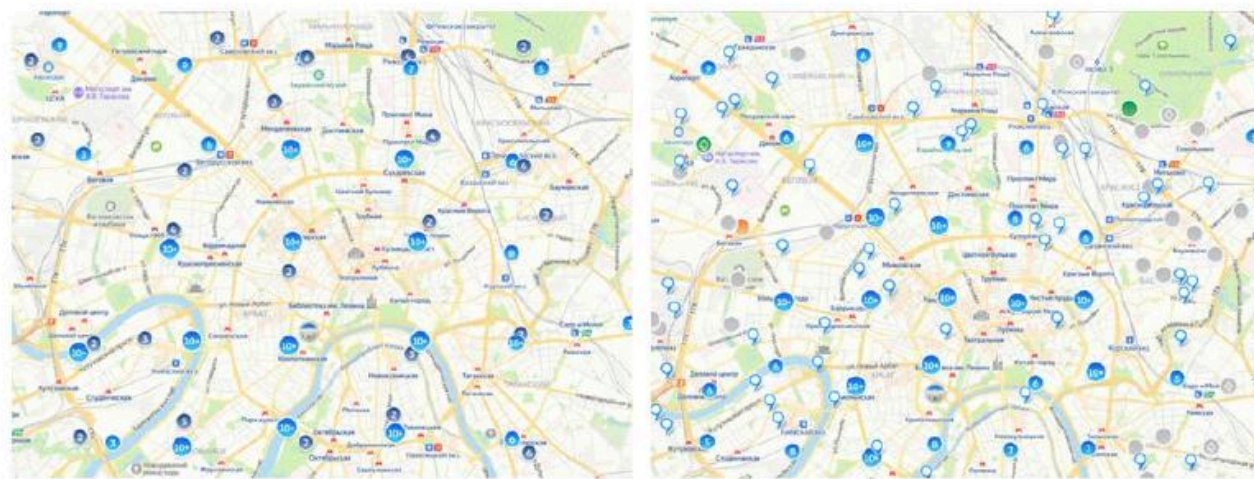


Рис. 3. Пример карты с использованием ObjectManager и RemoteObjectManager

Заключение. В ходе исследования разработан и протестирован подход к оптимизации работы геоинформационных систем, обеспечивающий эффективную обработку и визуализацию пространственных данных. Использование Redis позволило добиться высокой скорости доступа к данным, а внедрение адаптивной кластеризации значительно повысило точность и удобство отображения объектов. Проведенные эксперименты подтвердили, что предложенные решения обеспечивают стабильную работу системы при обработке

больших массивов данных и позволяют масштабировать функциональность в зависимости от задач. Разработанная методика может быть успешно применена в различных отраслях, требующих анализа и визуализации геоданных, таких как транспорт, экология и городское планирование.

Список источников

- [1] Калашников А.Д., Ткачева Д.А., Жидков Е.И., Калашников А.Д. Многофункциональная информационная система эволюции развития и современного состояния ракетно-космической отрасли. *Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. II Всерос. науч. конф.: сб. ст.* Москва, КДУ, Добросвет, 2023, с. 387–391.
- [2] *Официальный сайт Yandex API.* URL: <https://yandex.ru/dev/jsapi-v2-1/doc/ru/> (дата обращения 01.04.2025).
- [3] *Официальный сайт документации Redis.* URL: <https://redis.io/docs/latest/> (дата обращения 01.04.2025).
- [4] RFC 7946. *Стандарт GeoJSON.* URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7946> (дата обращения 01.04.2025).
- [5] *Использование Redis для работы с геоданными.* URL: <https://habr.com/ru/articles/679994/> (дата обращения 01.04.2025).
- [6] Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., Xu X. A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1996, pp. 226–231. <https://doi.org/10.5555/3001460.3001507>