

Разработка интерактивной геоинформационной системы для анализа размещения объектов городской сферы услуг по данным OpenStreetMap

Выполнила: магистрант 2 г.о. Ю.В. Тувалева
Научный руководитель: к.г.н., в.н.с. Т.Е. Самсонов
Оппонент: к.г.н., с.н.с., А.Н. Панин

Объекты сферы услуг

Сфера услуг — совокупность отраслей хозяйства и видов деятельности, предназначенных для производства и реализации услуг населению.

Виды услуг:

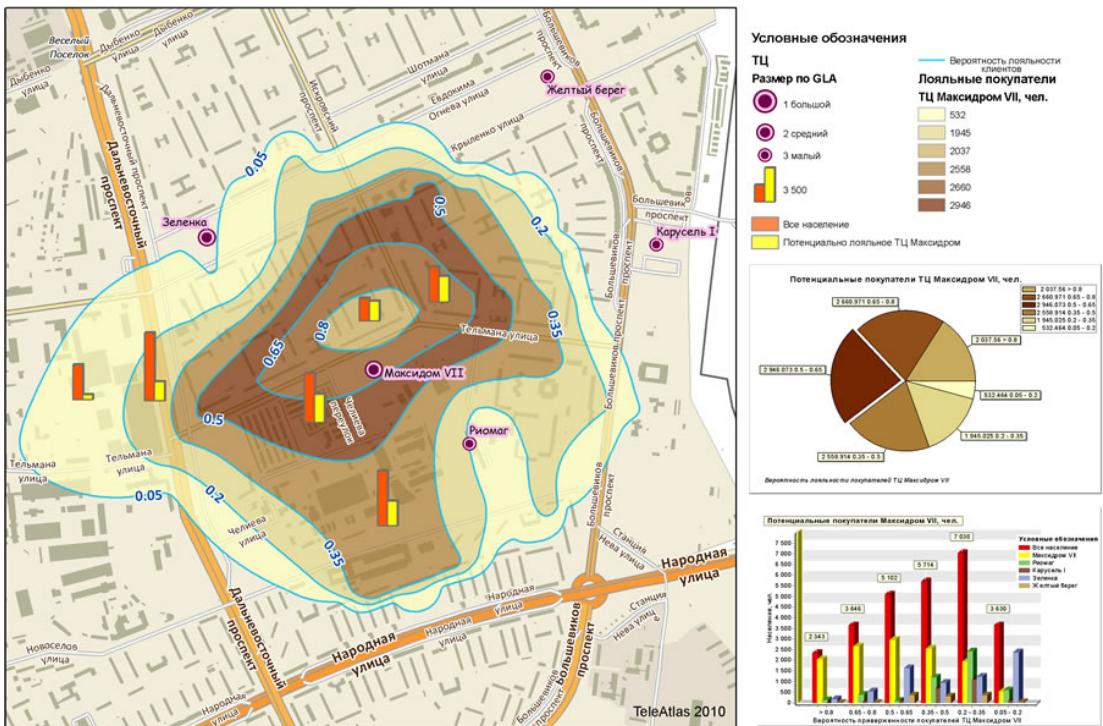
- Рыночные (транспорт, торговля, образование, здравоохранение, бытовые, финансовые услуги)
- Нерыночные (образование, здравоохранение, социальные услуги)

Группы объектов сферы услуг по ОКВЭД:

- Торговля розничная, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами
- Деятельность по представлению продуктов питания и напитков
- Деятельность почтовой связи и курьерская деятельность
- Образование
- Деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений
- Деятельность общественных организаций
- Деятельность по предоставлению персональных услуг

Решаемые задачи

- Определение конкурентов и их зон влияния
 - Определение зоны обслуживания
 - Изучение факторов соседства
 - Определение зон доступности
 - Анализ целевой аудитории
 - Развитие сети объектов уличной торговли
 - Территориальное планирование городской среды



OpenStreetMap

- OpenStreetMap – краудсорсинговая картографическая система
 - Данные категории shop и amenity
 - Высокая скорость загрузки и простота обновления данных
 - Глобальное покрытие данными

The screenshot shows the overpass turbo interface. At the top, there is a menu bar with links: Старт (Start), Поделиться (Share), Экспорт (Export), Помощник (Helper), Сохранить (Save), Загрузить (Load), Настройка (Settings), Справка (Help), overpass turbo logo, and a Flattr this! button. The main area consists of two panes: a left pane containing the generated OSM query code and a right pane showing a map of Moscow with many yellow circular markers indicating the locations of pharmacies. A callout box highlights a specific node with the ID 4292655990, showing its tags (amenity=pharmacy, name=A5) and coordinates (55.7492348 / 37.6620665). The map also displays various street names and landmarks in Russian.

```
1 /*
2 This has been generated by the overpass-turbo wizard.
3 The original search was:
4 "amenity = pharmacy"
5 */
6 [out:json][timeout:25];
7 // gather results
8 (
9     // query part for: "amenity=pharmacy"
10    node["amenity"="pharmacy"]({{bbox}});
11    way["amenity"="pharmacy"]({{bbox}});
12    relation["amenity"="pharmacy"]({{bbox}});
13 );
14 // print results
15 out body;
16 >;
17 out skel qt;
```

Цель:

Разработка методики и автоматизированной системы анализа и картографирования объектов городской среды по данным OpenStreetMap

The screenshot shows the overpass turbo web application interface. At the top, there is a menu bar with links: Старт, Поделиться, Экспорт, Помощник, Сохранить, Загрузить, Настройка, Справка, and overpass turbo. Below the menu is a toolbar with icons for zooming, panning, and other map controls. The main area displays a map of St. Petersburg, Russia, with various locations highlighted by blue circles. Labels on the map include: Санкт-Петербург, Петроградская сторона, остров Декабристов, Васильевский остров, Гавань, Апраксин двор, Канонерский остров, Гутуевский остров, Коломна, Волково, Ближняя Рогатка, Смоленское, Весёлый Посёлок, Клоочки, Яхта, Малая Охта, Большая Охта, Пороховые, Полюстрово, Пески, Кирпичный завод, Кировский завод, and Нева. On the left side of the map, there is a code editor window displaying an Overpass query. The code is as follows:

```
1 /*
2 This has been generated by the overpass-turbo wizard.
3 The original search was:
4 "shop = mall"
5 */
6 [out:json][timeout:25];
7 // gather results
8 (
9   // query part for: "shop=mall"
10  node["shop"="mall"]({{bbox}});
11  way["shop"="mall"]({{bbox}});
12  relation["shop"="mall"]({{bbox}});
13 );
14 // print results
15 out body;
16 >;
17 out skel qt;
```

The status bar at the bottom right of the map indicates: Загружено – Точки: 3336, линии: 277, отношения: 26. Отображено – POI: 23, линии: 0, полигоны: 189.

Задачи:

1. Изучить основные методы и средства картографирования городской среды и выделить их основные тенденции
2. Проанализировать возможности существующих систем для изучения городской среды и размещения объектов сферы услуг в городах
3. Разработать методику анализа и картографирования объектов городской сферы услуг с применением методов пространственного, сетевого анализа и пространственной статистики
4. Освоить технологии веб-картографирования, а также извлечения и использования данных OpenStreetMap
5. Разработать и реализовать концепцию и архитектуру геоинформационной системы, включая картографический и аналитический блок, технологическую схему автоматической выгрузки и преобразования данных OpenStreetMap
6. Реализовать геоинформационную с помощью средств языка R
7. Применить разработанную систему для исследования закономерностей размещения объектов городской сферы услуг на примере объектов розничной торговли и общественного питания в городах-миллионерах России

Анализируемые виды услуг

| Вид услуг | Категория OSM |
|---|--|
|  Общественное питание | café, restaurant, fast_food |
|  Продукты | convenience, general, supermarket |
|  Аптеки | pharmacy |
|  Банки | bank |
|  Одежда и обувь | fashion, clothes, shoes |
|  Электроника | computer, electronics, mobile_phone, radiotechnics |
|  Косметика | cosmetics, chemist |
|  Мебель | antiques, bed, carpet, furniture, doityourself |
|  Ювелирные украшения, подарки | jewelry, gift_shop |
|  Зоомагазины | pet |
|  Детские товары | baby_goods |

Концептуальный подход

Уровень анализа

- Низкий (отдельные объекты)
- Средний (группировки)
- Высокий (распределения)

Контекст анализа

- Нулевой (отсутствует)
- Точечный
- Линейный
- Площадной
- Сплошной

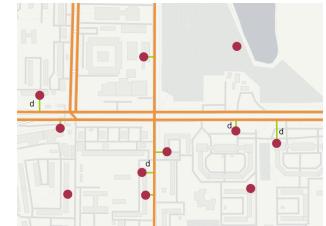
Фокус анализа

- Один тип объекта
- Отношение между типами

Объекты



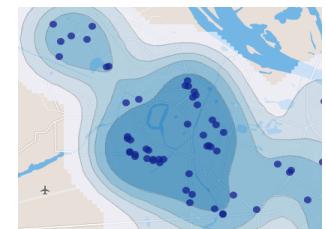
Улицы



Районы



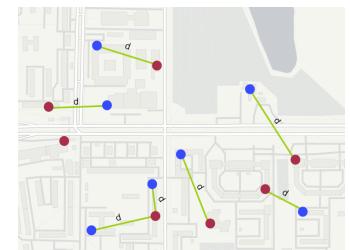
Пространство



Один тип объекта

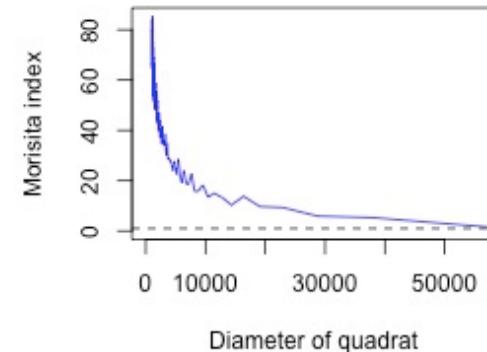
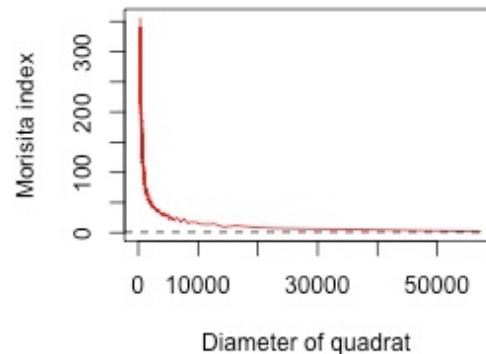


Два типа объектов



Пространственный анализ. Оверлей

Индекс Моришита – оценка типа распределения объектов

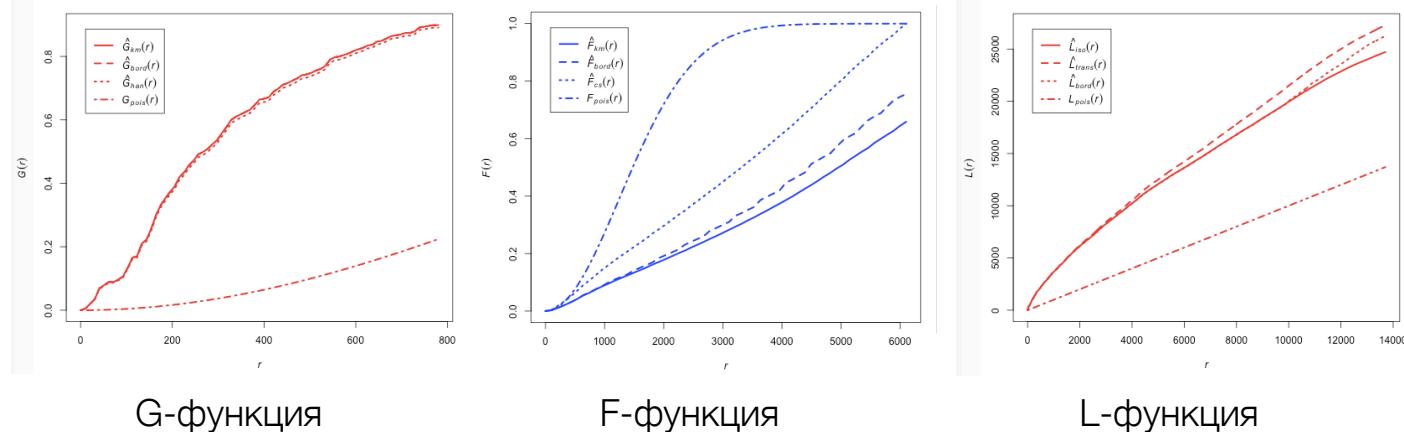


Количество объектов – анализ распределения и построение карт плотности



Пространственный анализ. Расчет расстояний

Функции распределения расстояний – оценка типа распределения объектов

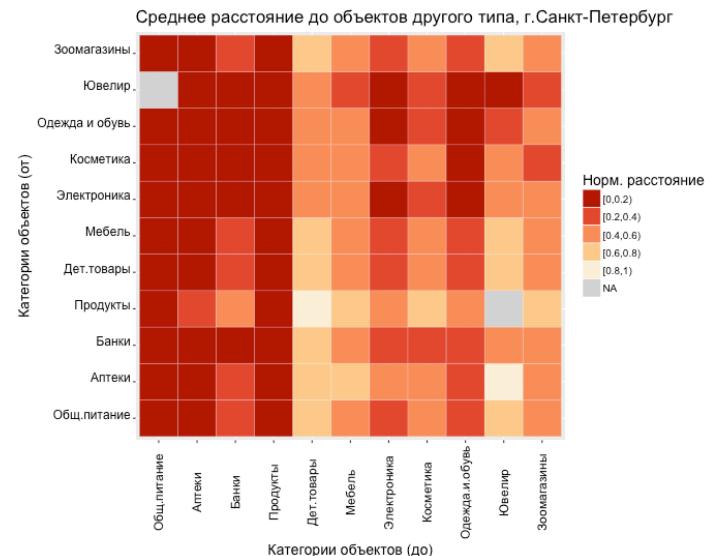
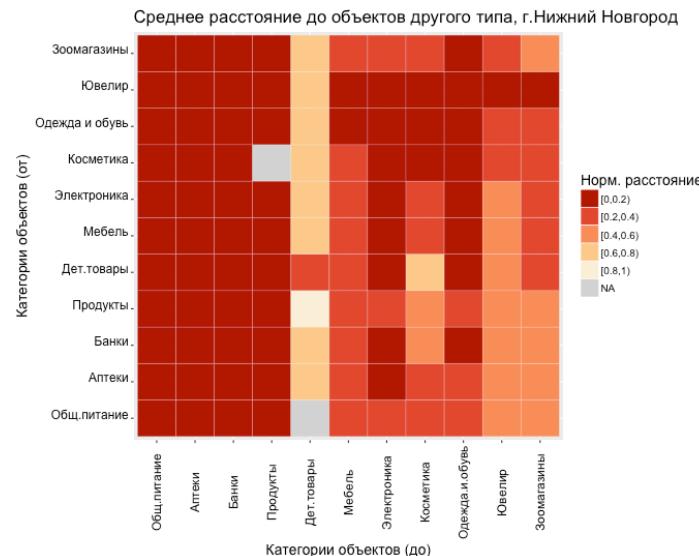


G-функция

F-функция

L-функция

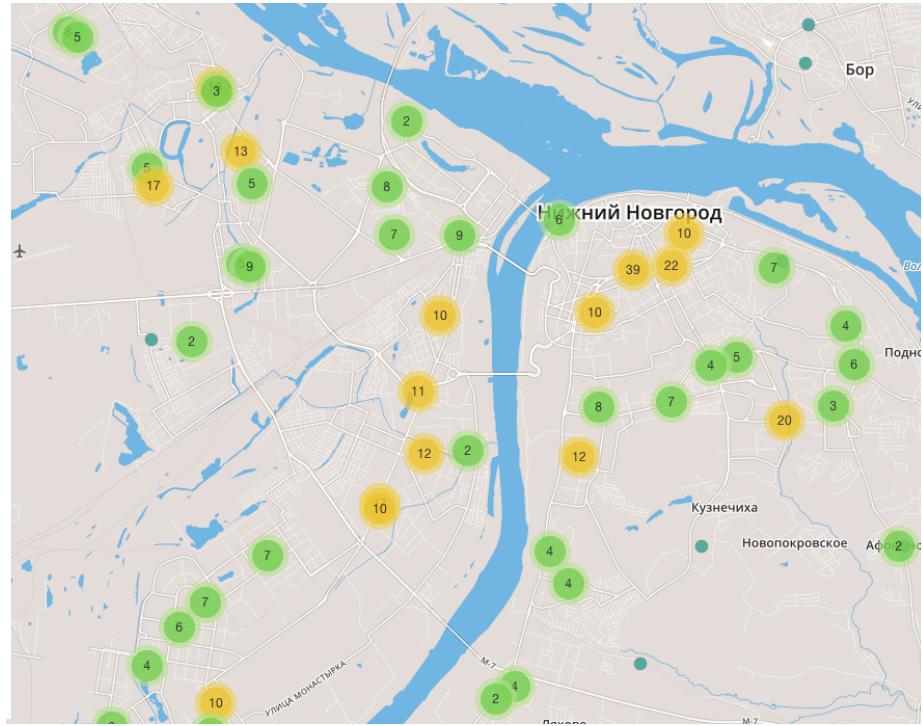
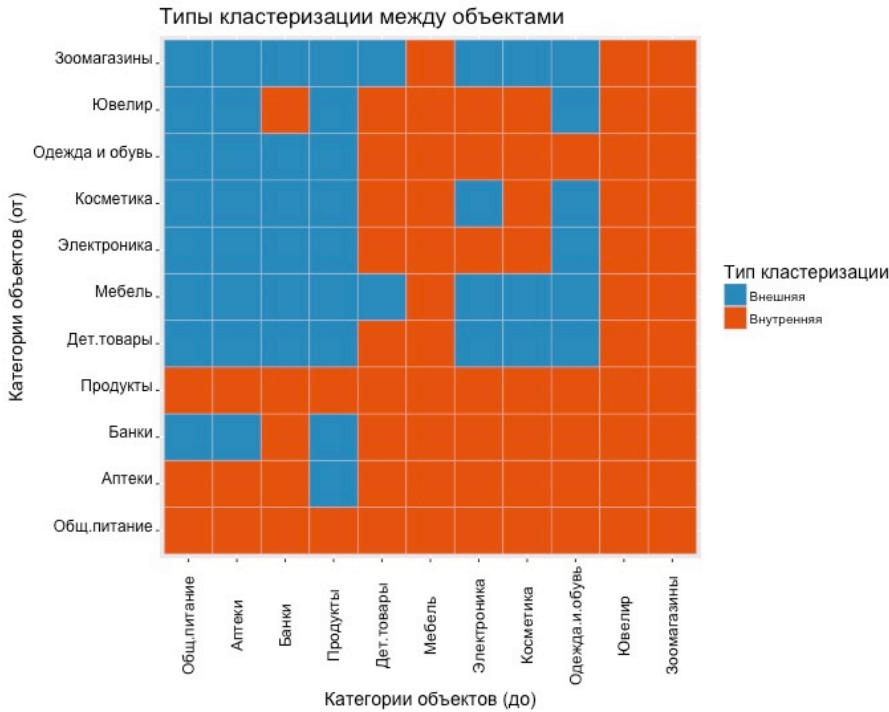
Матрицы расстояний – анализ взаимного размещения объектов



Пространственный анализ. Кластеризация

$$K = \frac{NN_{dist}}{NN_{cross}}$$

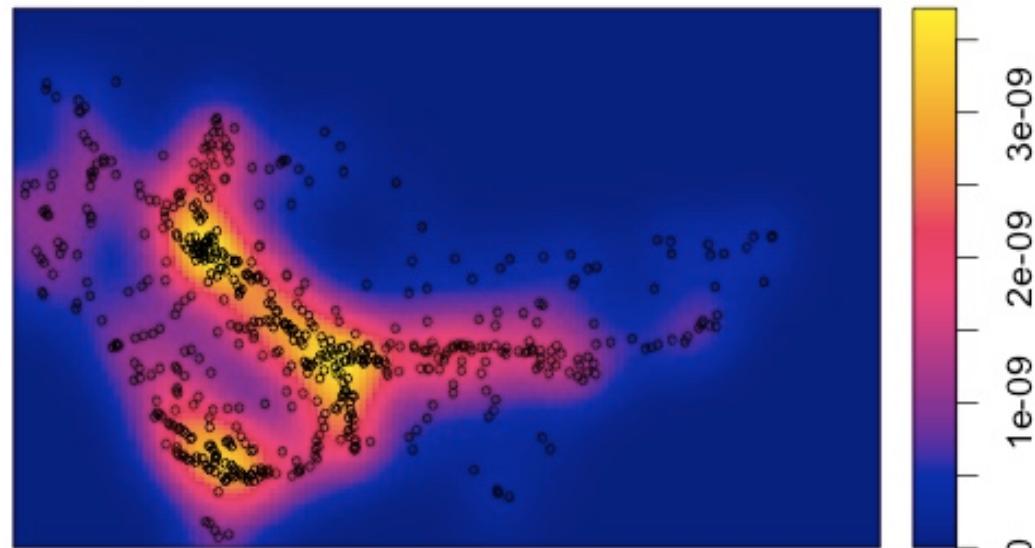
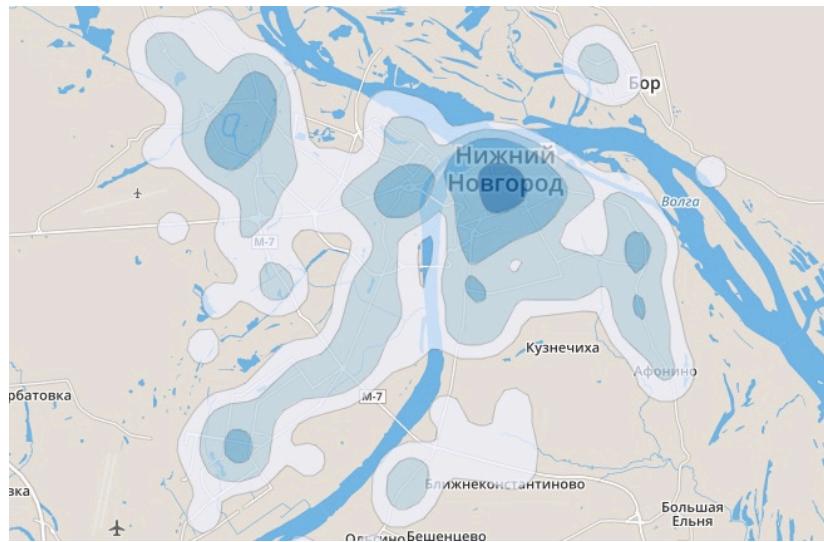
Выделение группы объектов по определенным пространственным признакам



Пространственный анализ. Оценка плотности

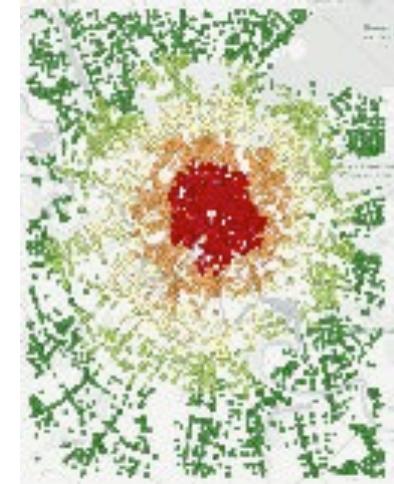
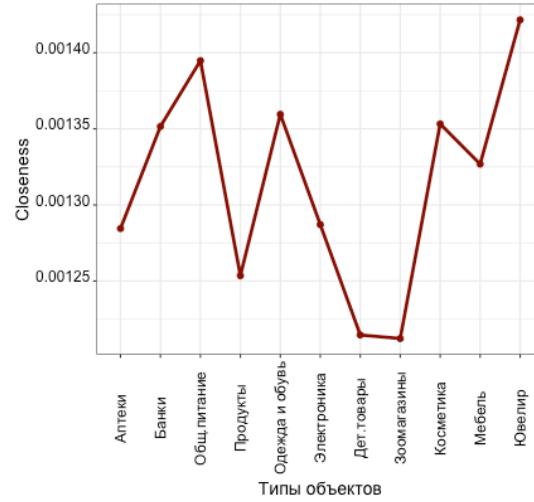
Метод ядерного сглаживания

Вычисление количества точек с помощью плавающего окна с последующим применением формул ядерного сглаживания

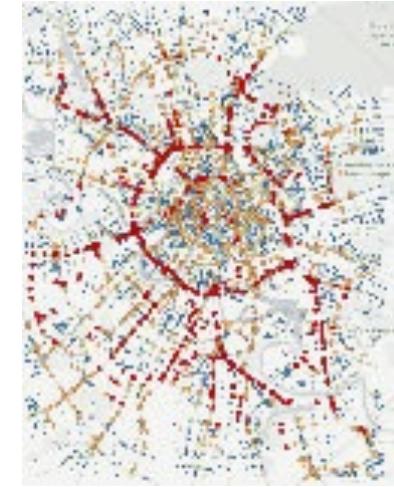
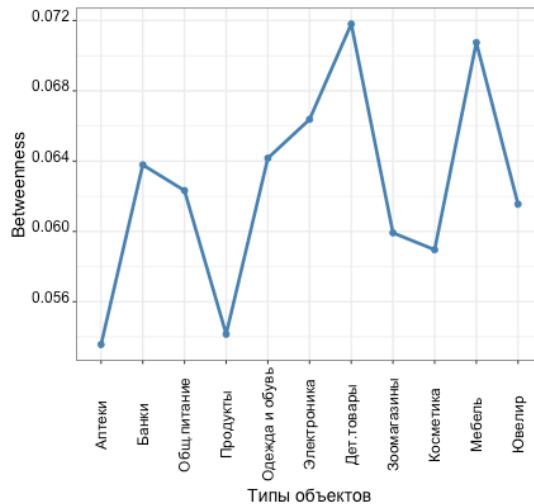


Сетевой анализ. Показатели центральности

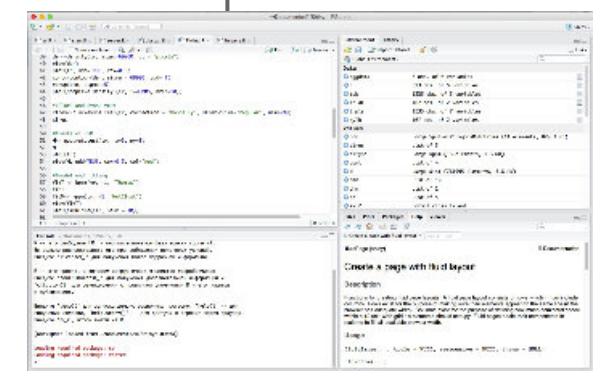
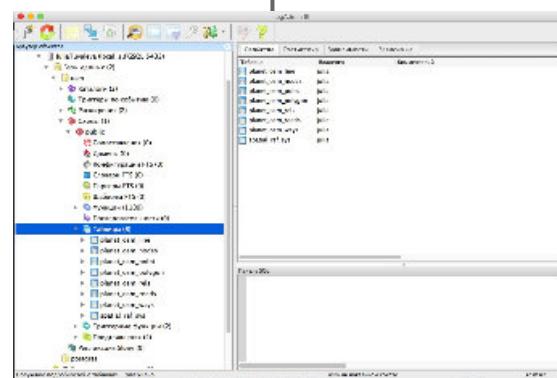
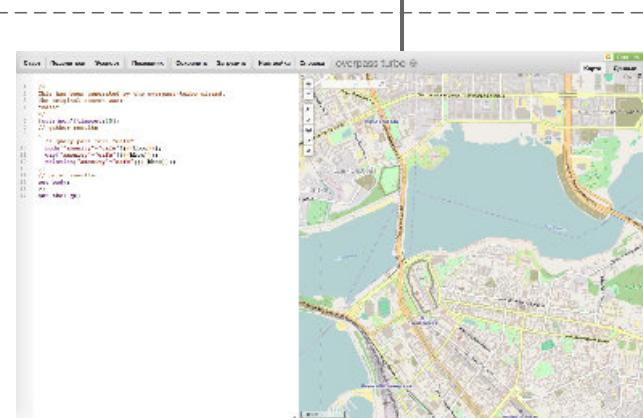
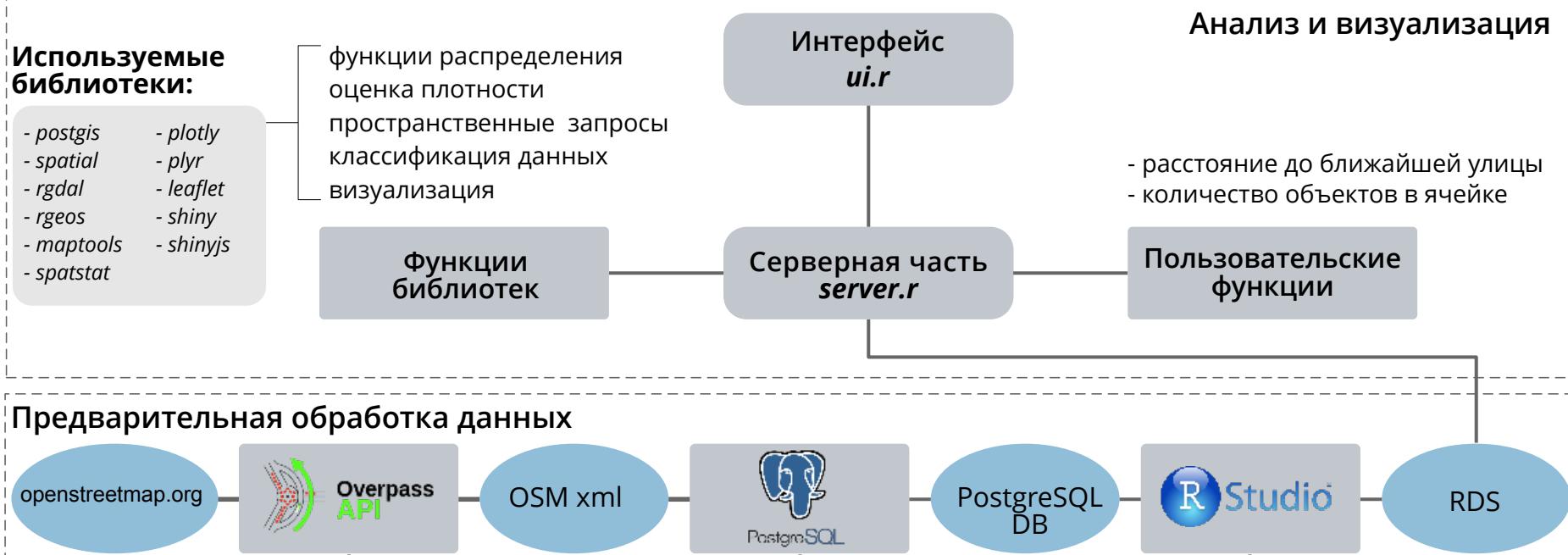
Срединность позволяет оценить насколько узел расположен близко ко всем другим узлам через кратчайшее расстояние в сети



Промежуточность позволяет выделить узлы улично-дорожной сети, которые связывают кратчайшим путем между собой большое число узлов в анализируемой сети



Архитектура системы



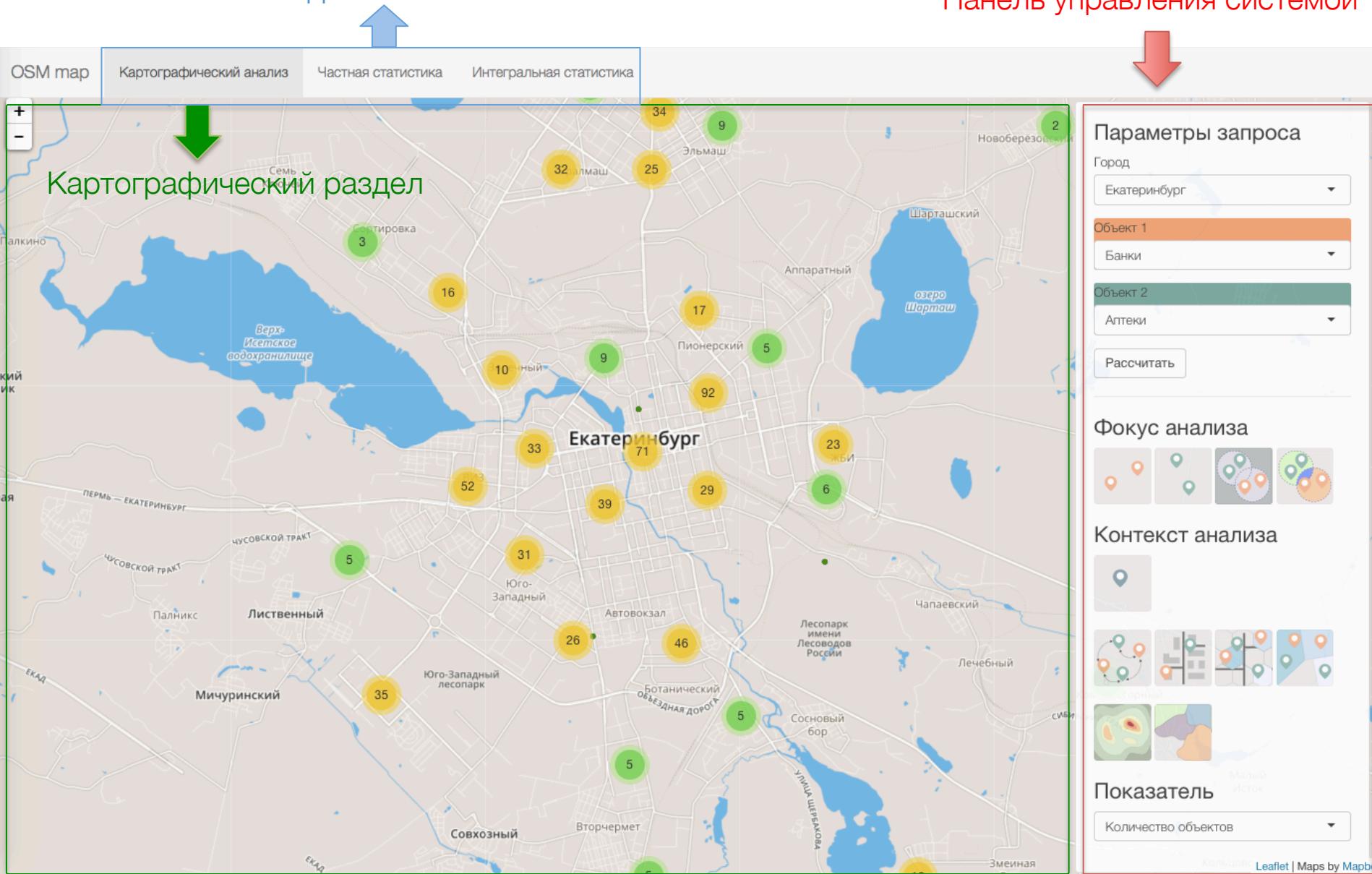
Выгрузка данных из Интернета

Хранение данных в БД

Обработка и анализ
данных на языке R

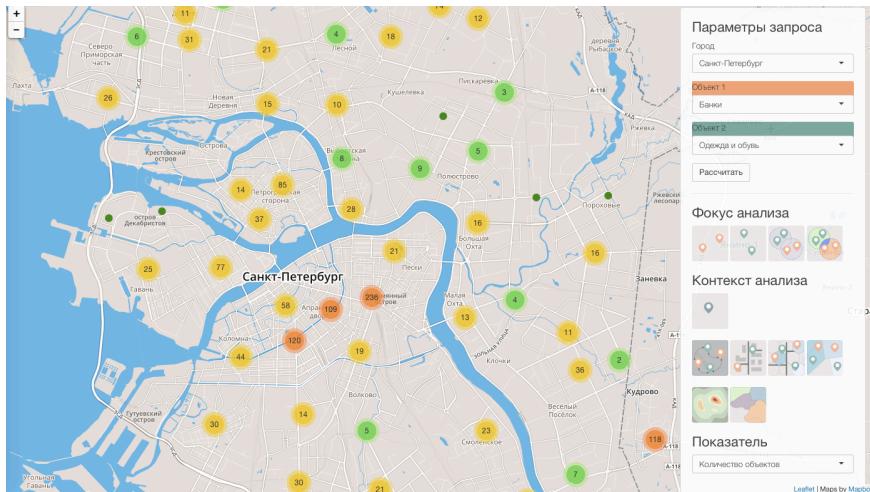
Интерфейс

Разделы системы

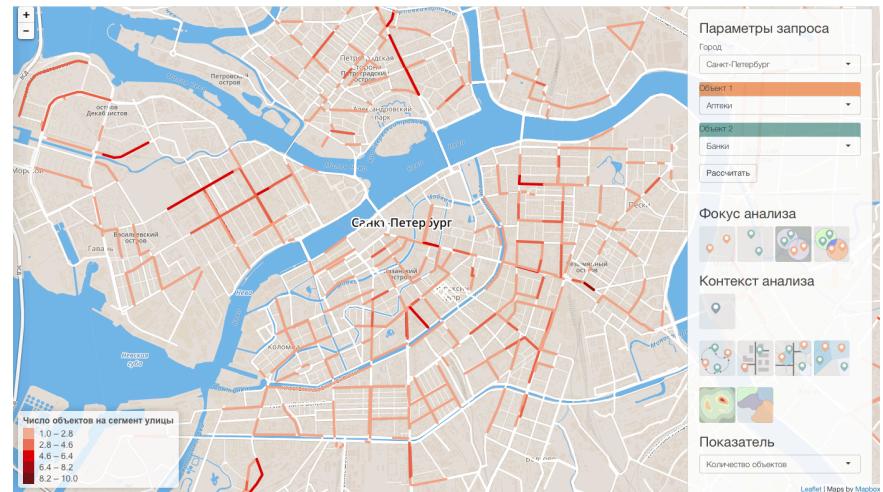


Визуальная аналитика

Точечный контекст



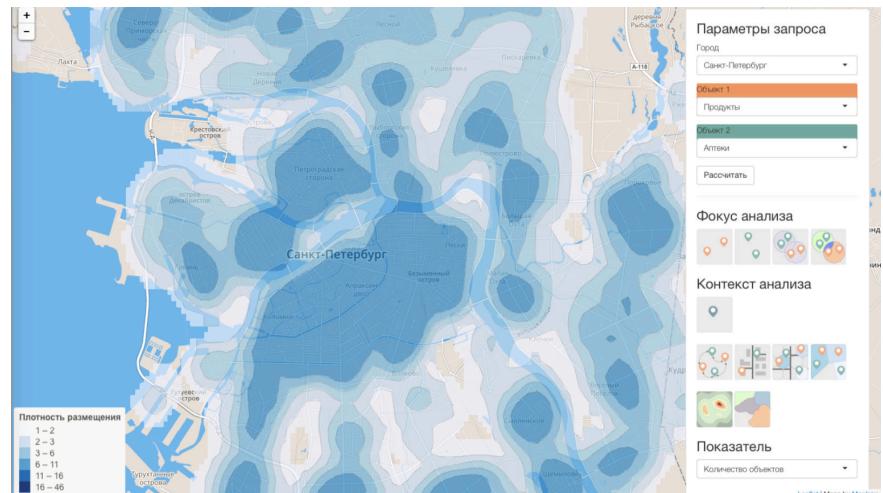
Линейный контекст



Площадной контекст



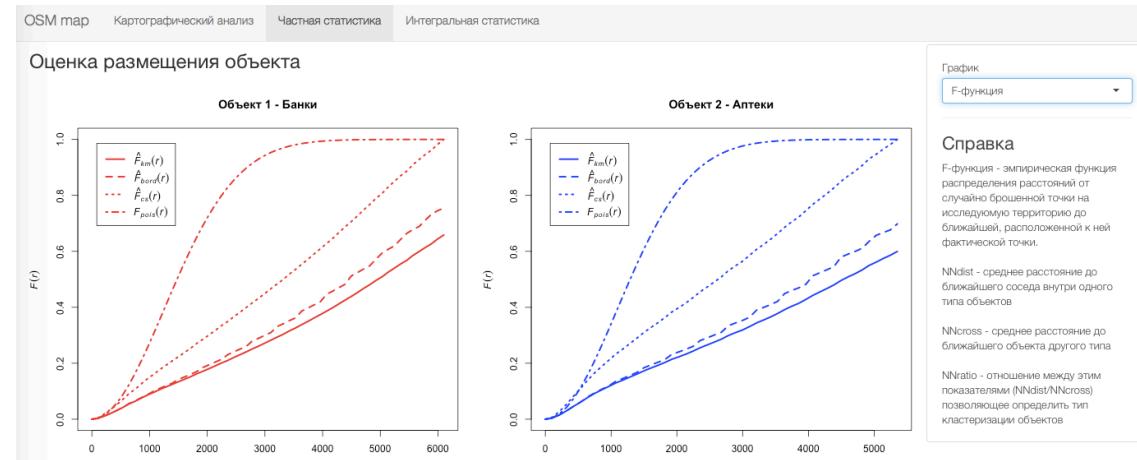
Сплошной контекст



Интерфейс

Частная статистика

позволяет определить тип пространственного распределения, тип кластеризации, а также их отличие для двух видов услуг



| Характеристика | Объект.1 | Объект.2 |
|----------------|----------|----------|
| NNdist | 403 | 396 |
| NNcross | 361 | 585 |

График
F-функция

Справка

F-функция - эмпирическая функция распределения расстояний от случайно брошенной точки на исследуемую территорию до ближайшей, расположенной к ней фактической точки.

NNdist - среднее расстояние до ближайшего объекта другого типа

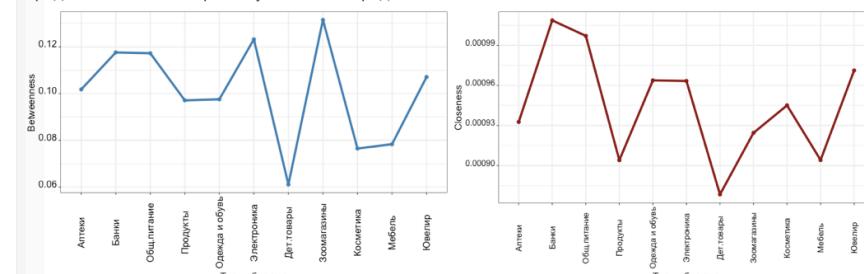
NNcross - отношение между этим показателями (NNdist/NNcross) позволяющее определить тип кластеризации объектов

Интегральная статистика

предоставляет обобщенную оценку размещения для всех видов услуг



Средние значения по промежуточности и срединности



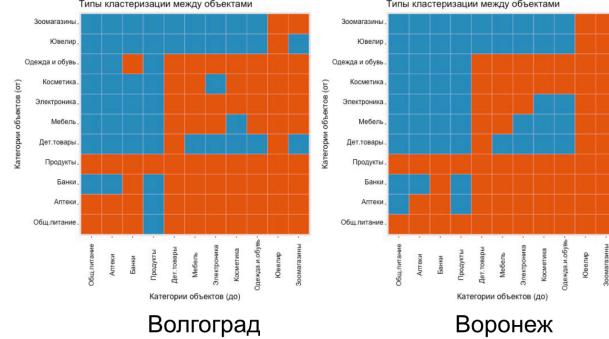
Матрицы кластеризации

$$K = \frac{NN_{dist}}{NN_{cross}}$$

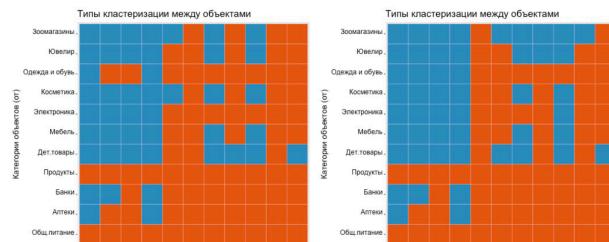
Тип кластеризации



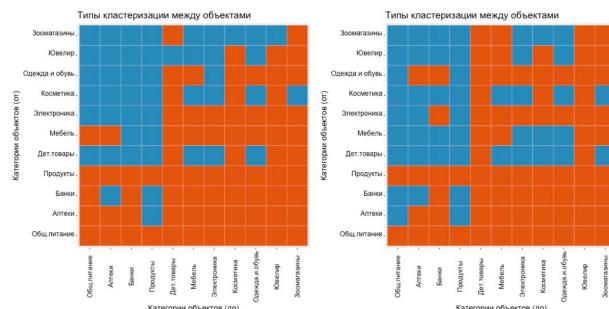
Внутренняя



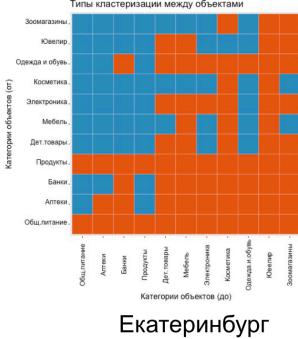
Волгоград



Москва



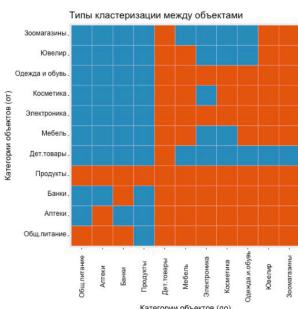
Самара



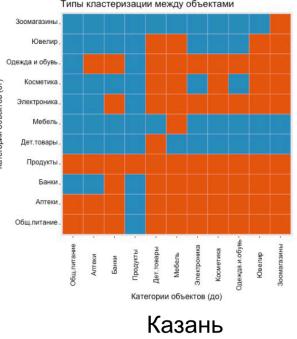
Воронеж



Нижний Новгород



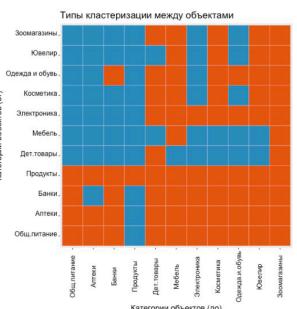
Пермь



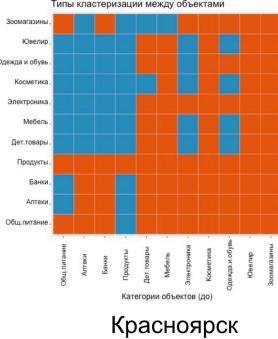
Казань



ОМСК



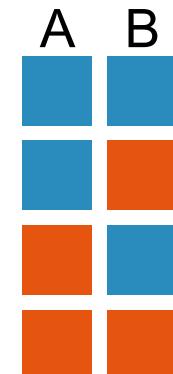
Челябинск



Красноярск



Ростов-на-Дону



A E

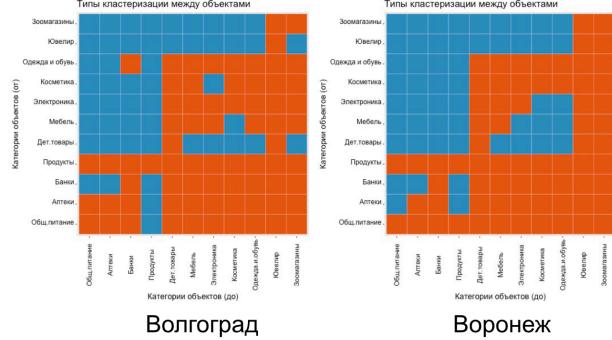
Матрицы кластеризации

$$K = \frac{NN_{dist}}{NN_{cross}}$$

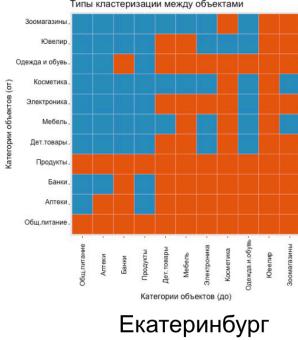
Тип кластеризации



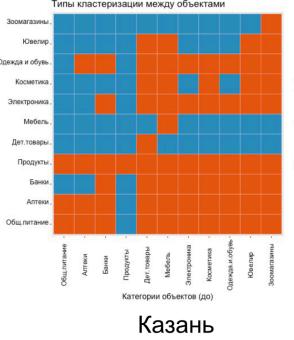
Внутренняя



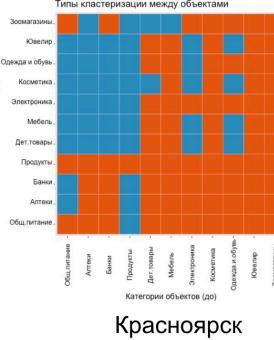
Волгоград



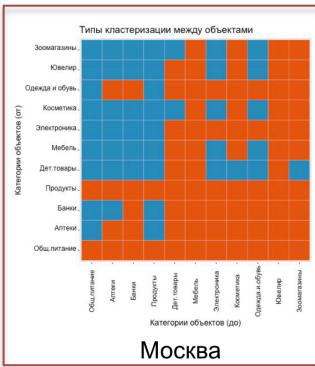
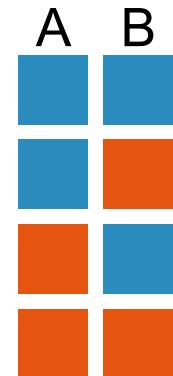
Воронеж



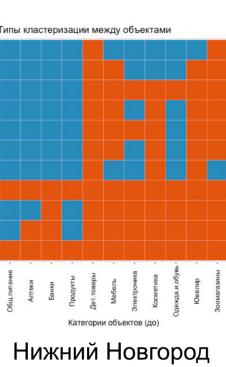
Казань



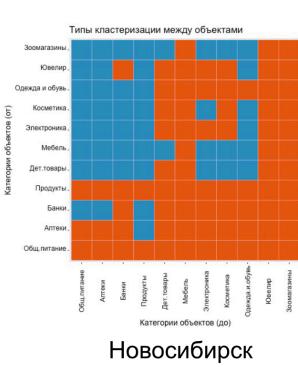
Красноярск



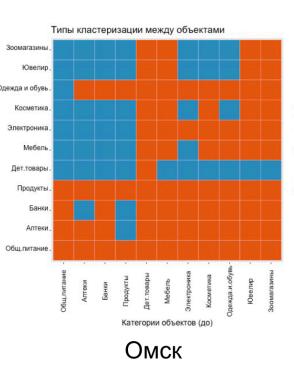
Москва



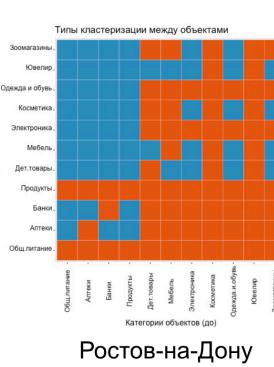
Нижний Новгород



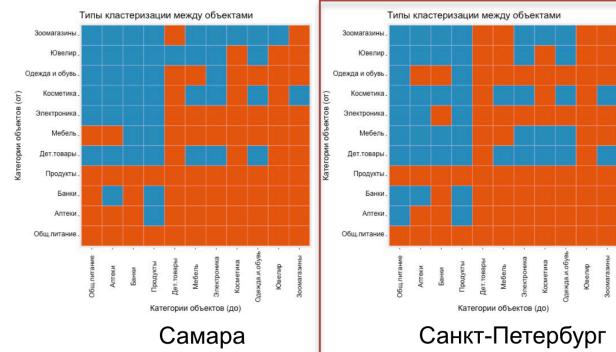
Новосибирск



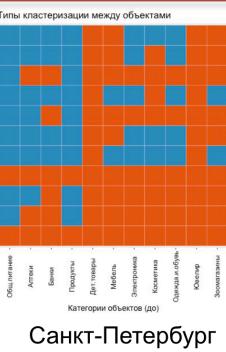
Omck



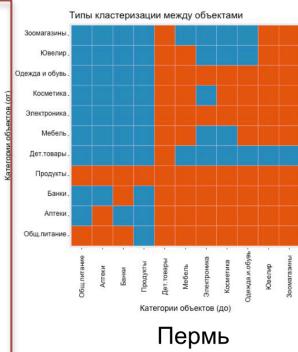
Ростов-на-Дону



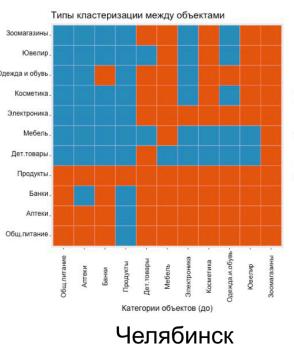
Самара



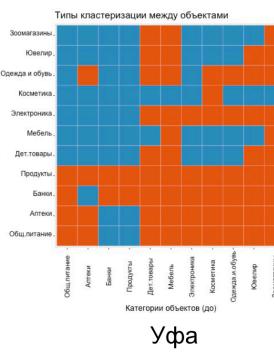
Санкт-Петербург



Пермь



Челябинск



Уфа

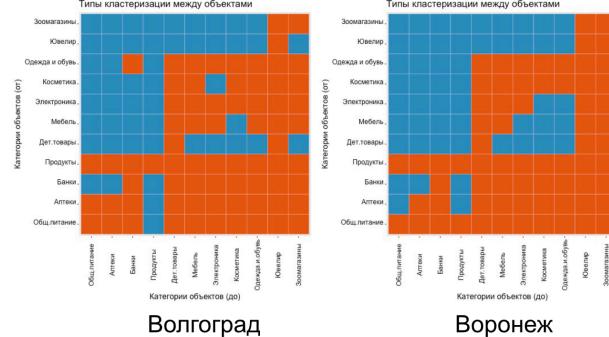
Матрицы кластеризации

$$K = \frac{NN_{dist}}{NN_{cross}}$$

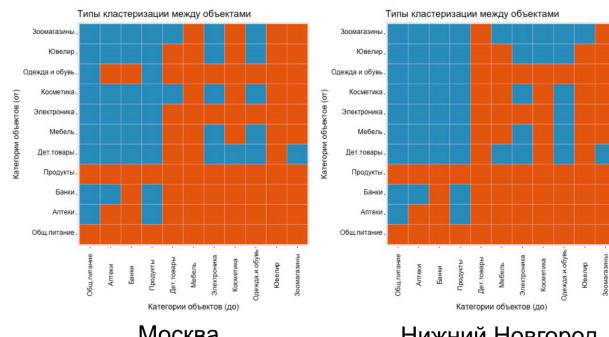
Тип кластеризации

Внешняя

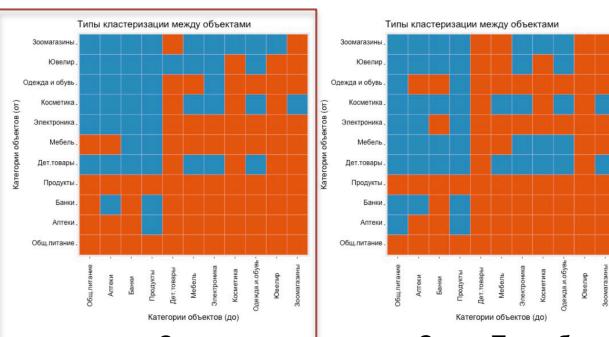
Внутренняя



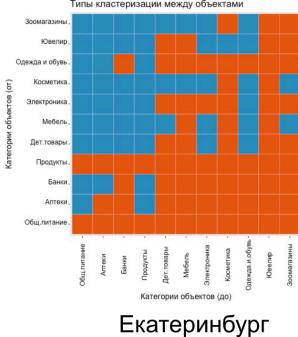
Волгоград



Москва



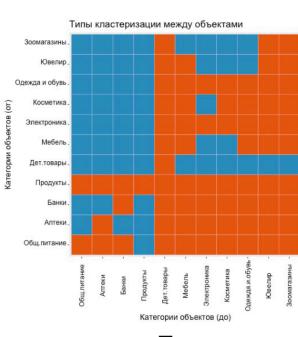
Самара



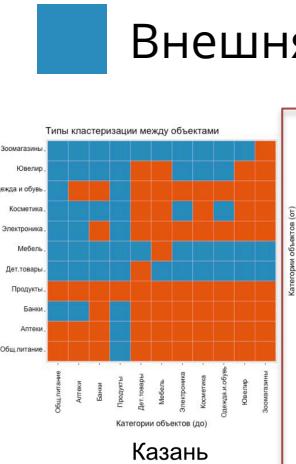
Воронеж



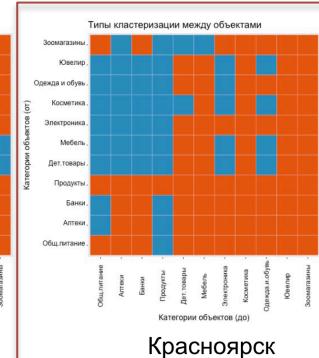
Нижний Новгород



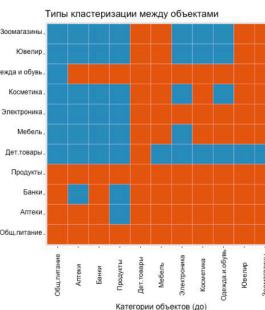
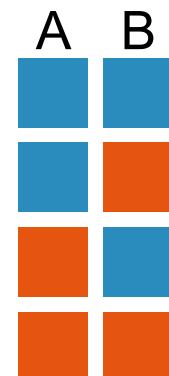
Пермь



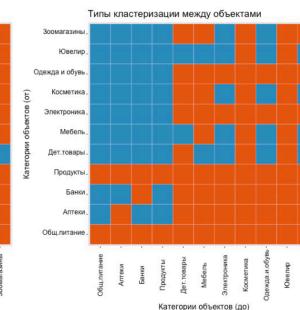
Казань



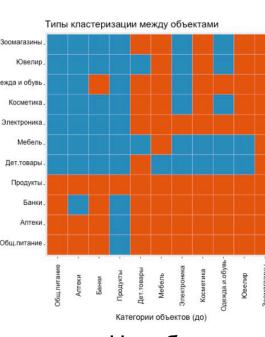
Красноярс



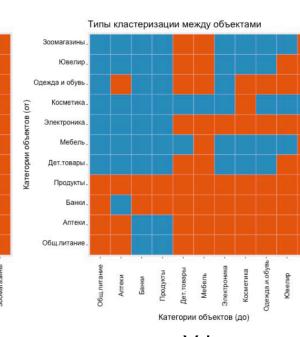
ОМСК



Ростов-на-Дону



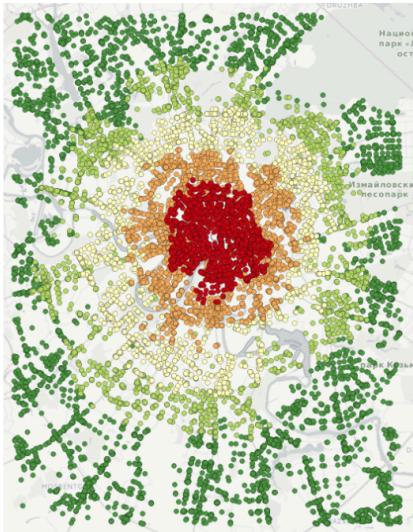
Челябинск



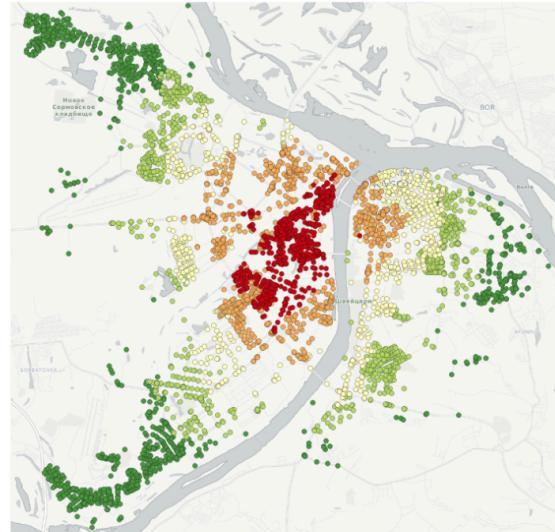
Уфа

Сетевой анализ. Срединность

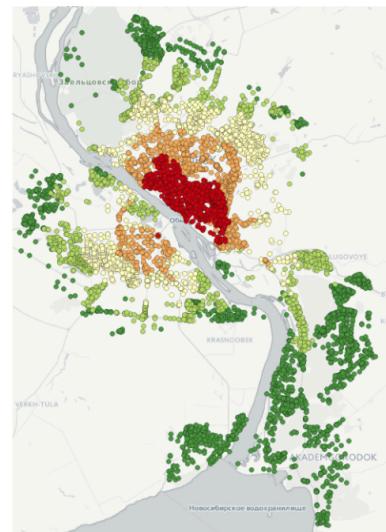
- 0.9 - 1.0
- 0.8 - 0.9
- 0.7 - 0.8
- 0.6 - 0.7
- 0.0 - 0.6



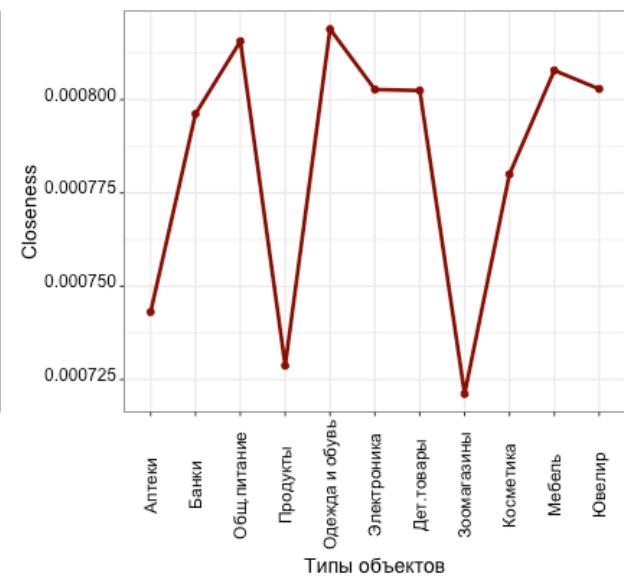
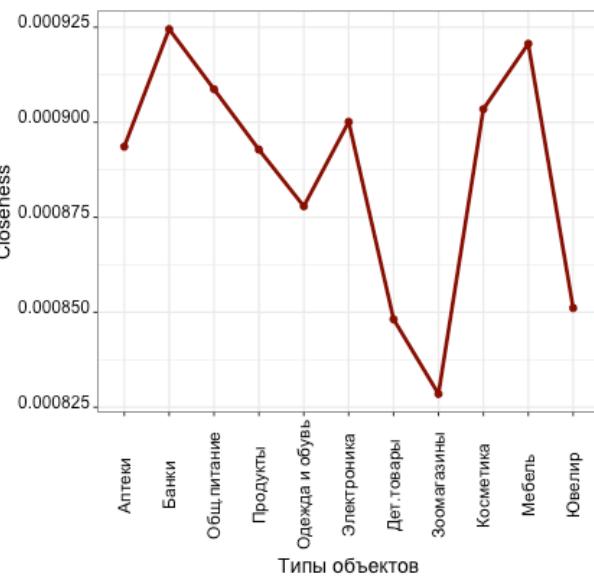
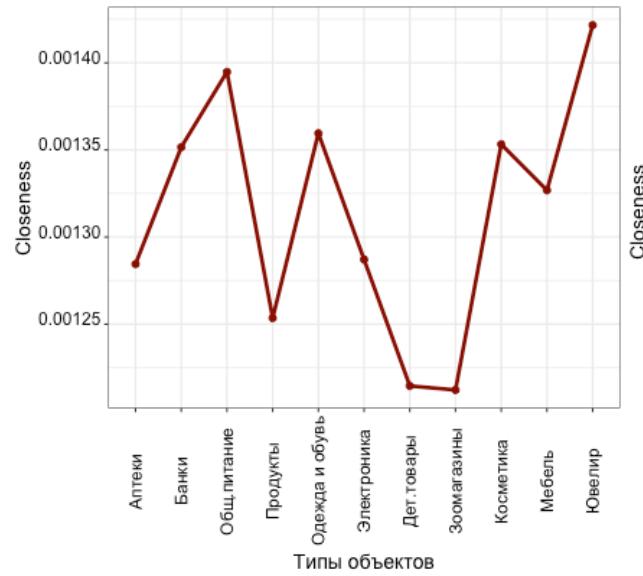
Москва



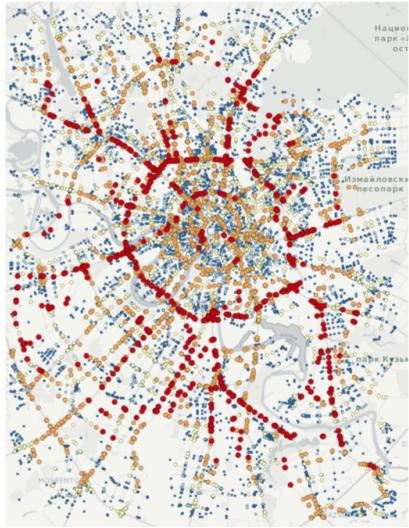
Нижний Новгород



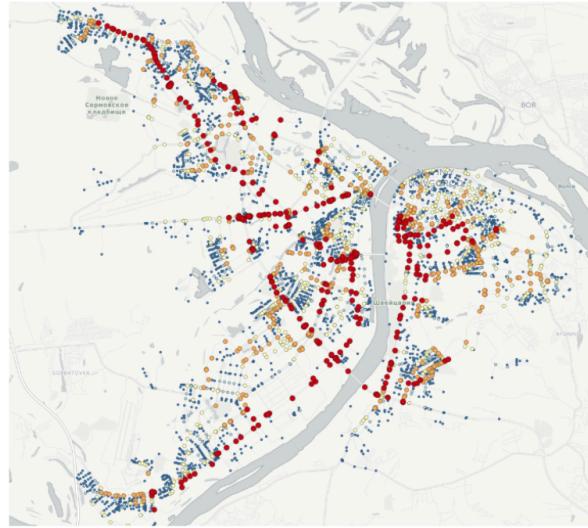
Новосибирск



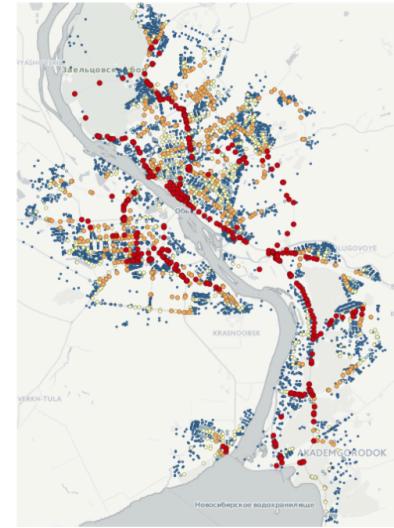
Сетевой анализ. Промежуточность



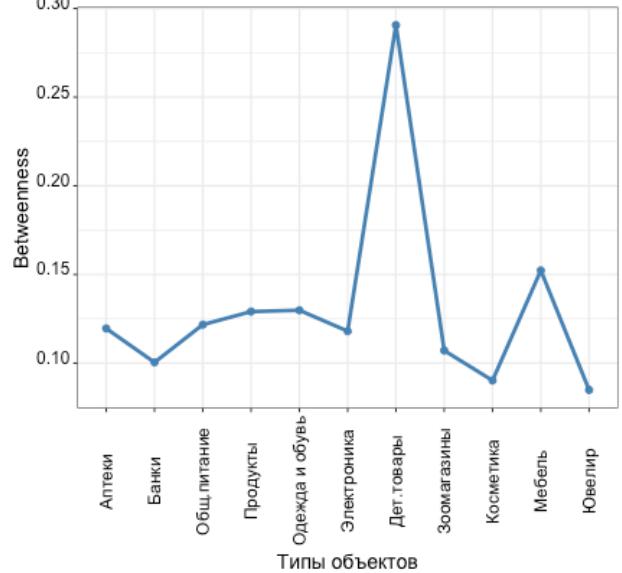
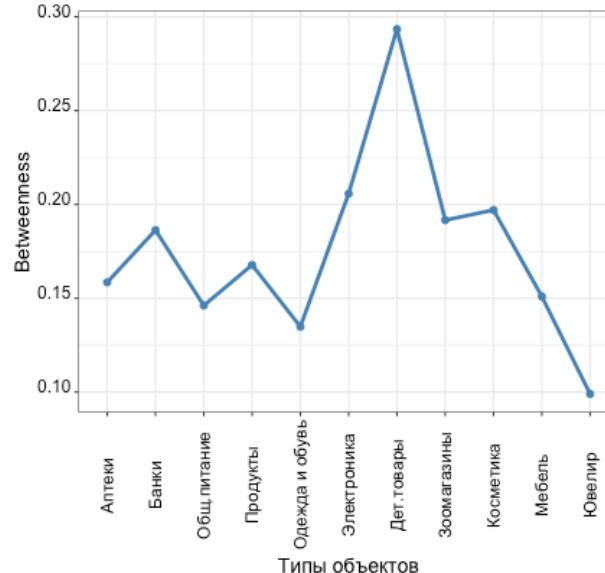
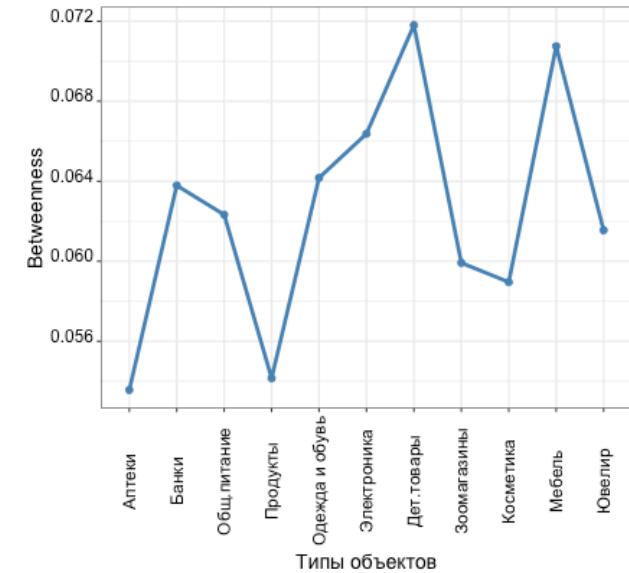
Москва



Нижний Новгород



Новосибирск



Выводы

1. В последние годы возрастает интерес к картографированию городской среды, увеличивается число методов на основе новых источников данных (космические снимки, социальные сети, телекоммуникационные)
2. Использование подхода «уровень-контекст-фокус» позволяет концептуализировать многие методы анализа размещения точечных объектов
3. Открытые данные сервиса OSM можно применять при комплексном анализе размещения объектов для городской среды в целом
4. Использование различных инструментов (Overpass API, PostgreSQL, R, Leaflet, Shiny) позволило спроектировать систему, которая соответствует поставленным требованиям
5. Размещение объектов стрит-ритейла в каждом городе имеет общие черты в размещении объектов повседневного спроса, но сильно отличается для объектов эпизодического спроса, на размещение которых также влияет особенности структуры города
6. Анализ матриц кластеризации позволяет выявить типы объектов сферы услуг, которые предположительно имеют зависимое размещение в пространстве
7. Вычисление показателей центральности позволяет установить связь между размещением различных видов услуг и особенностью улично-дорожной сети
8. Агрегирование местоположения объектов в различных контекстах позволяет проводить визуальный анализ во множестве пространственных масштабов