



**ІІТМО**

# Разработка подхода к прогнозированию загруженности автомобильных дорог общего пользования на основе сетевых свойств улично-дорожной сети

**Студент**

Шеховцов Виктор  
Владимирович,  
гр. С4202

**Научный  
руководитель**

Митягин Сергей  
Александрович,  
к.т.н., директор ИДУ

## Проблематика:



Для работы большинства методов прогнозирования загруженности требуются собрать первичные данные о текущей загруженности. Эти данные:

- 1) труднодоступные
- 2) дорогие
- 3) некачественные
- 4) требуют серьезной обработки

## Цель:



подтвердить возможность прогнозирования загруженности автомобильных дорог общего пользования на основе сетевых свойств улично-дорожной сети

## Задачи:



- Исследовать предметную область прогнозирования загруженности автомобильных дорог общего пользования
- Исследовать существующие методы и выявить их достоинства и недостатки
- Разработать метод прогнозирования загруженности автомобильных дорог общего пользования на основе сетевых свойств улично-дорожной сети
- Провести апробацию метода и выявить достоинства и недостатки метода;
- Сформировать рекомендации по внедрению разработанного метода.

# Актуальность прогнозирования загруженности

Наличие транспортных средств в РФ на конец года / Росстат  
(тысяч штук)



## Где используется прогнозирование:

Планирование  
и развитие  
инфраструктуры

При построении  
маршрутов в  
навигаторах

## Проблемы, возникающие при большом трафике:



Падение пропускной  
способности



Ухудшение экологии



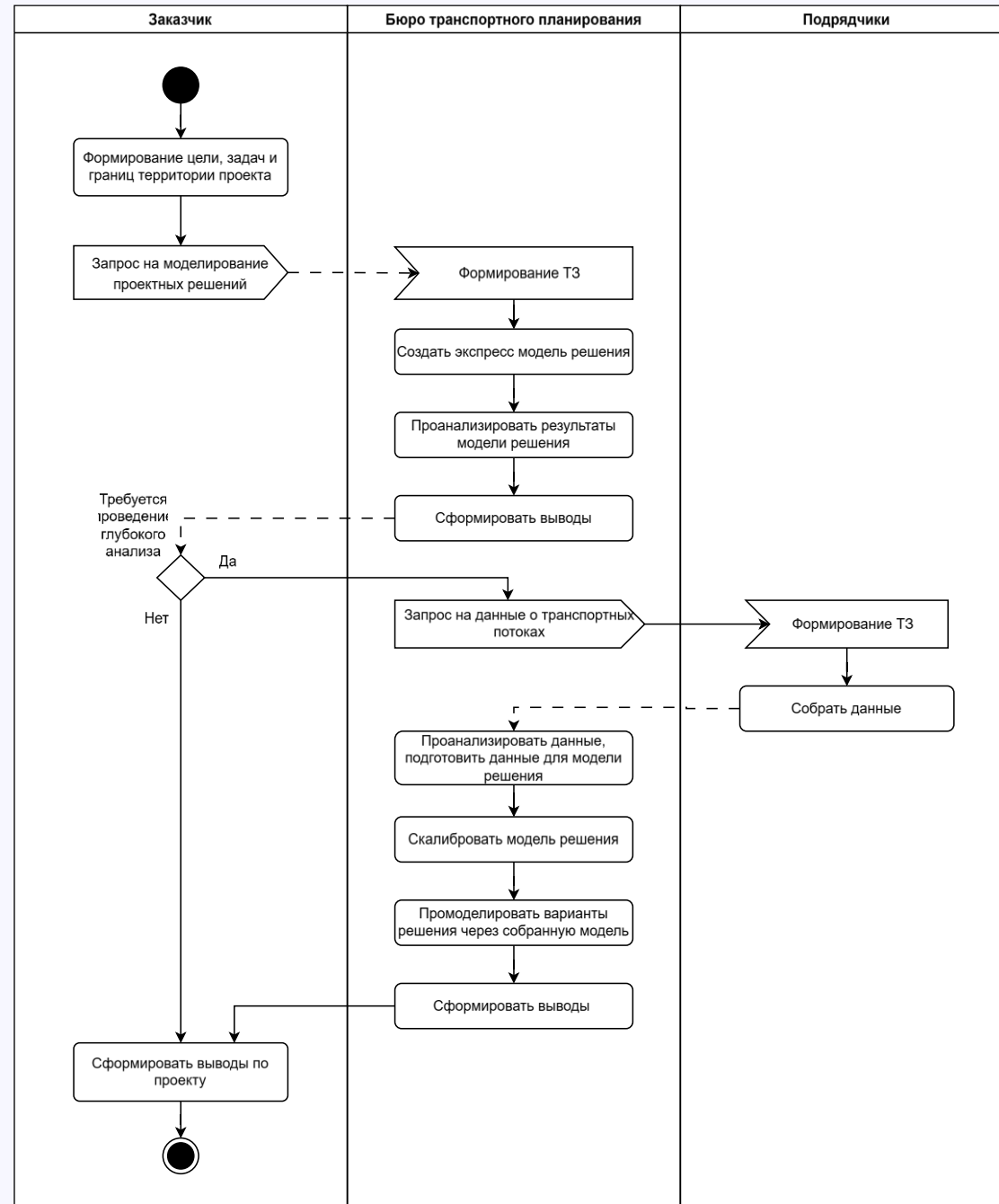
Падение экономики

# Моделирование в транспортном планировании

Моделирование используется в транспортном планировании для анализа проектных решений

Моделирование Часто разделено на два этапа:

- экспресс-анализ
- глубокий анализ





# Существующие методы

## Макроскопические методы

### Модель Лайтхилла и Уизема

Движения транспортных средств подчиняется законам гидродинамики, в частности выполняется закон сохранения «массы» - количество автомобилей

- **некорректно** работает при высоких и низких плотностях
  - неадекватность на светофорах и узких местах
- 
- + относительная простота и нетребовательность к вычислительным мощностям

## Микроскопические модели

### Модель следования за лидером

Движение каждого транспортного средства определяется его водителем как баланс между желаемой скоростью и расстоянием до

- большая вычислительная сложность
  - не учитываются столкновения
  - неработоспособность модели в случае отсутствия «лидера»
- 
- + реалистичное моделирование транспортных потоков
  - + учёт влияния психофизического состояния водителей

# Недостатки в первичных данных

Вид данных:  
географические  
координаты,  
интенсивность,  
направление движения  
каждого транспортного  
средства и временная  
метка

## Неполнота



Данные только для дорог  
со значительным трафиком



Отсутствие данных для  
новых дорог



Отсутствие данных на  
стадии проектирования



Зависимость скорости от  
иных причин при малом  
трафике



Зависимость скорости  
движения от направления  
после перекрестка

Дороговизна

Трудоёмкость  
сбора данных



Можно прогнозировать загруженность дорог, основываясь на сетевых свойствах улично-дорожной сети

Сетевые свойства — это количественные и качественные характеристики, описывающие структуру, топологию и динамику взаимодействий в сети

Связность: средний путь,  
диаметральный путь

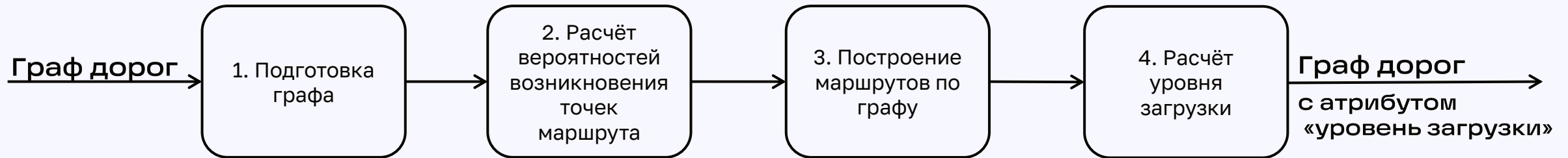
Вес рёбер и связей

Центральность

Плотность рёбер и связей



# Общее описание метода



## Цель:

рассчитать уровень загрузки –  
отношение интенсивности  
движения к пропускной  
способности

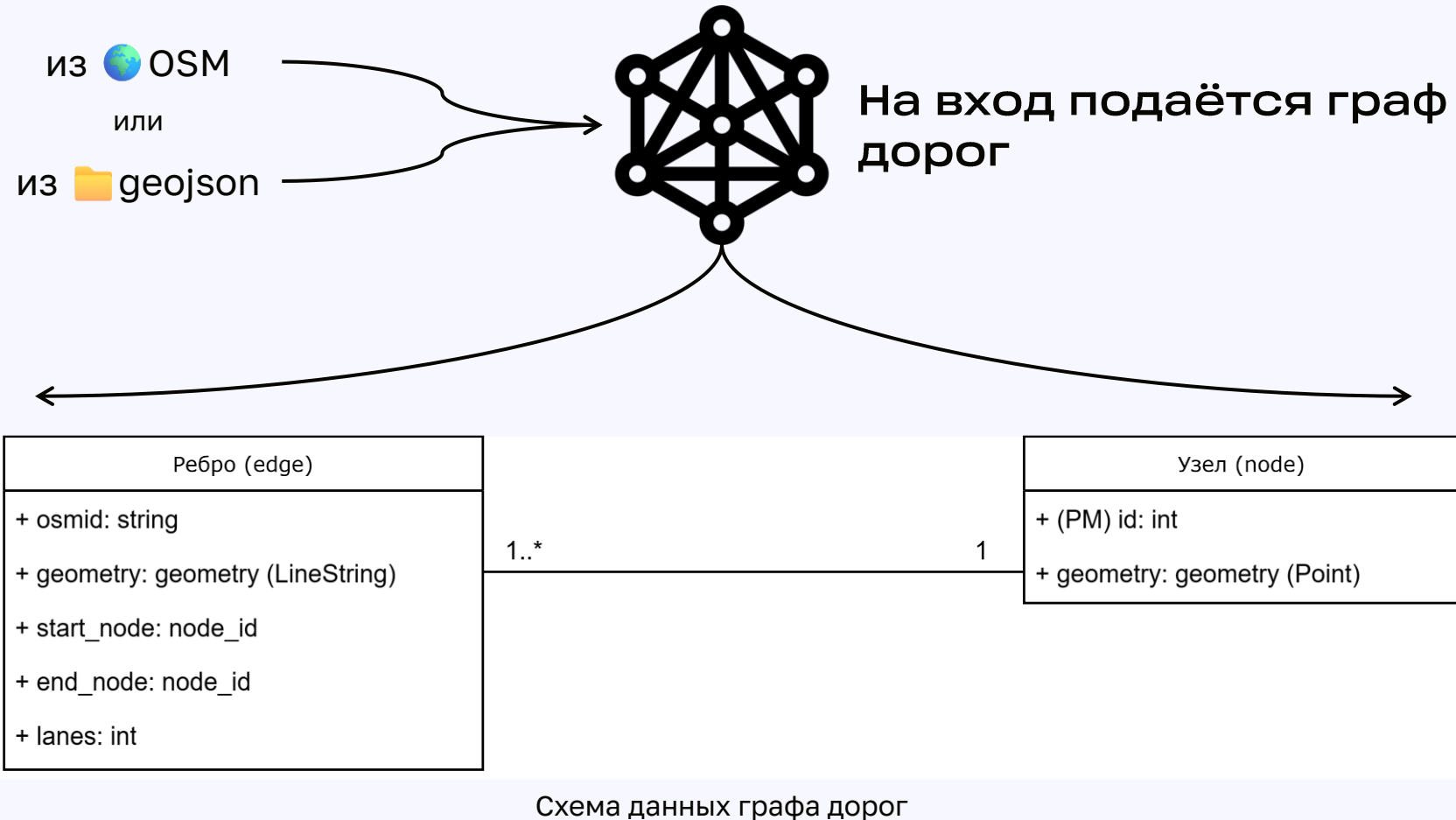
## Интенсивность:

Кол-во проходящих через ребро  
случайно разбросанных по графу  
маршрутов

$$LL = \frac{I}{C}$$

*LL* – уровень загрузки  
*I* – интенсивность  
*C* – пропускная способность

# Требования к входным данным



# Подготовка графа

Расчёт для каждого ребра графа  
его пропускной способности

Расчёт пропускной способности дороги  
для  $l$  числа полос

$$C_l = C_1 \cdot k_l \cdot l$$

$C_l$  – пропускная способность для  $l$  числа полос

$C_1$  – пропускная способность для одной полосы

$k_1$  – коэффициент изменения пропускной  
способности при  $l$  числа полос

$l$  – число полос

Коэффициент изменения пропускной  
способности, согласно СП-396

Наименование показателя	Значение показателя				
Кол-во полос движения в одном направлении ( $l$ )	1	2	3	4	5
Коэффициент изменения пропускной способности одной полосы движения ( $k_l$ )	1	0,95	0,90	0,86	0,84

# Расчёт вероятностей возникновения точек маршрута

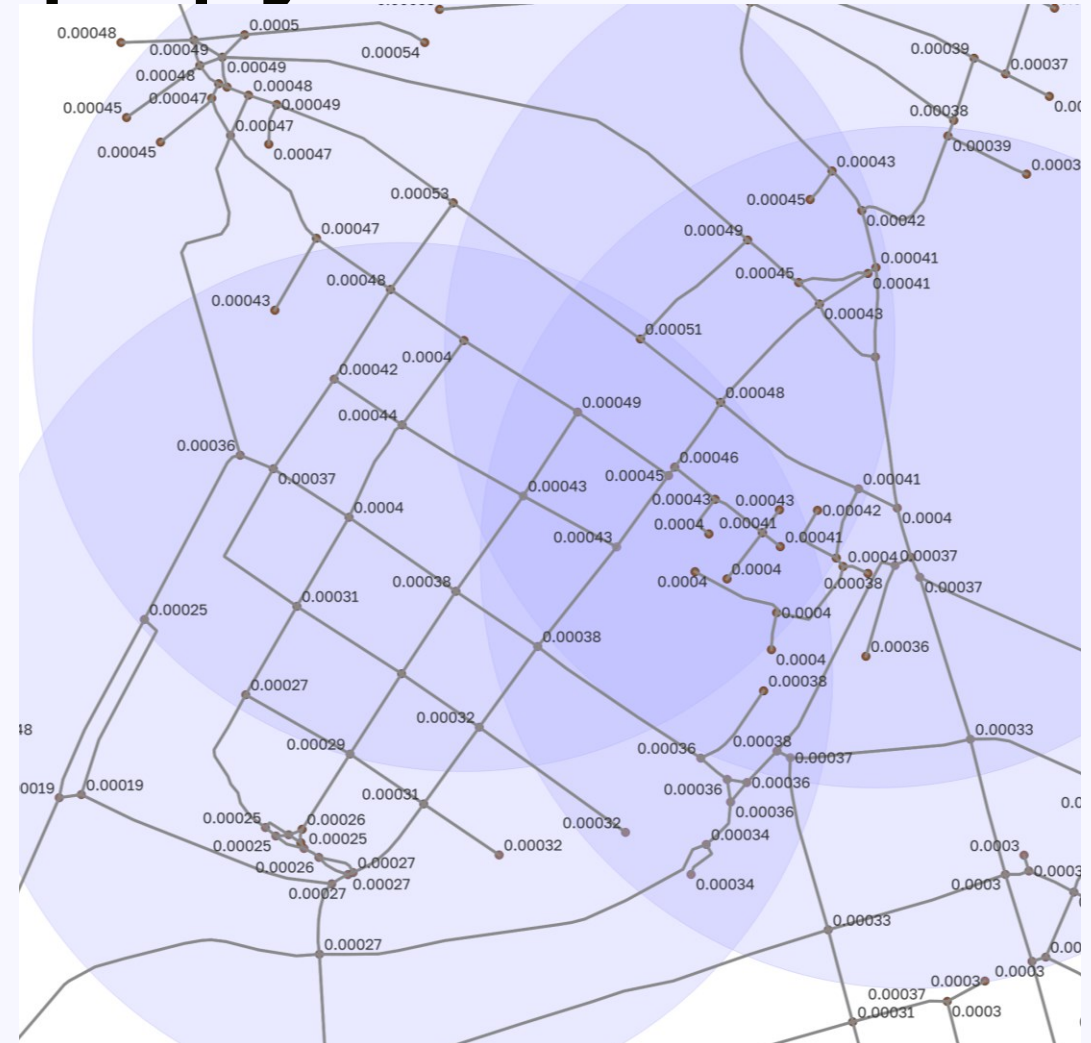
Вероятность в узле зависит от кол-ва соседних узлов

$$p_i = \frac{w_i}{\sum_{j=0}^n w_j}$$

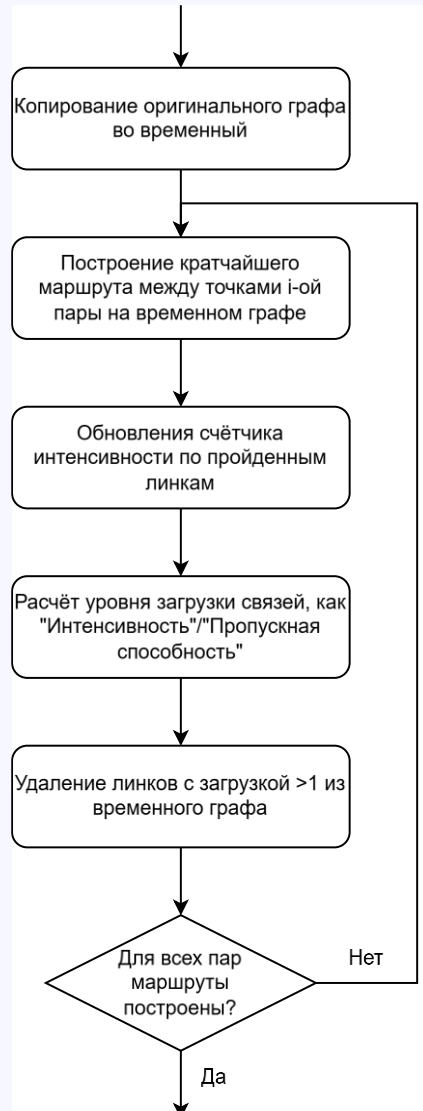
$w_i$  – кол-во соседей узла  $i$  в радиусе 1 км

$p_i$  – вероятность для узла  $i$

$n$  – кол-во всех узлов



# Построение маршрутов по графу



Полученная интенсивность

# Расчёт уровня загрузки

$$LL = \frac{I}{C}$$

$LL$  – уровень загрузки

$I$  – интенсивность

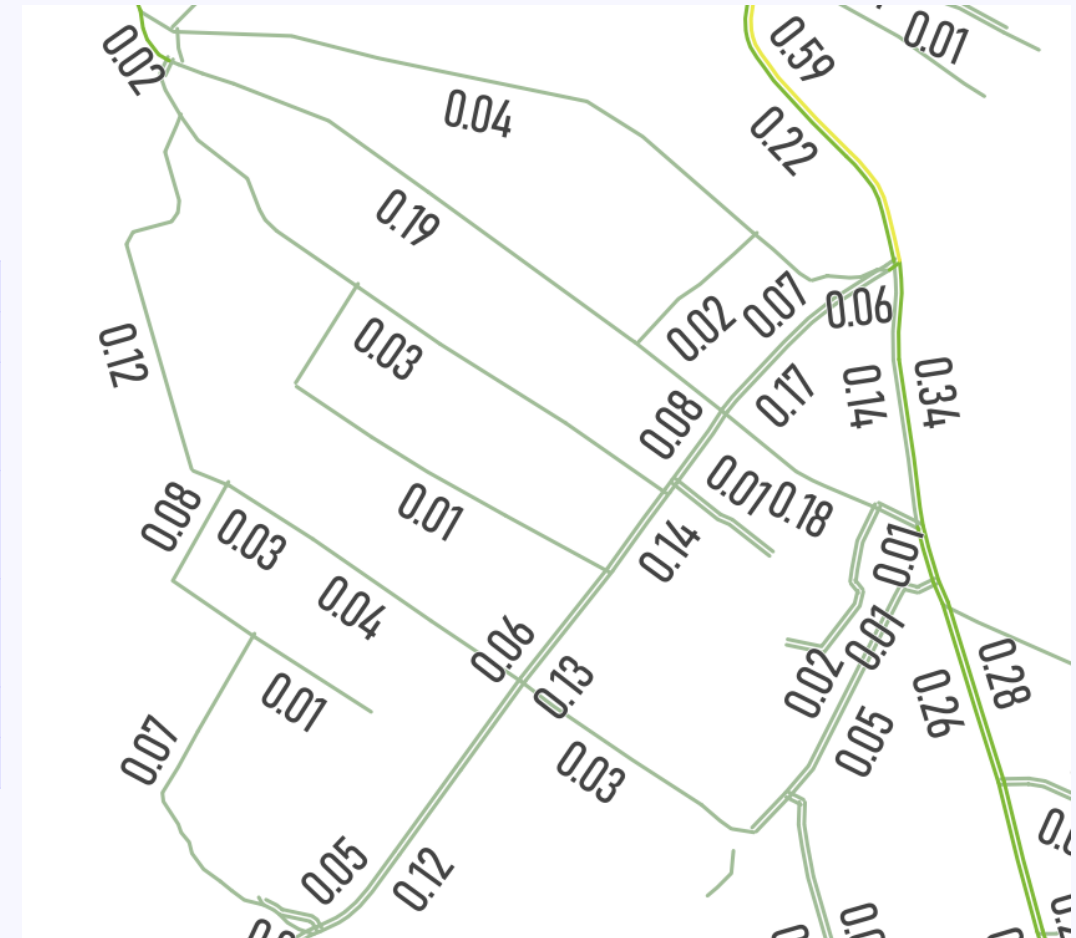
$C$  – пропускная способность

## Описание уровня загрузки дороги

Значение	Описание
От 0 до 0,2	Дорога свободна, движение без задержек
От 0,2 до 0,4	Умеренная загрузка, возможны незначительные замедления
От 0,4 до 0,6	Средняя загрузка, движение стабильное, скорость может снижаться
От 0,6 до 0,8	Высокая загрузка, частые замедления, возможны пробки
От 0,8 до 1	Значительные задержки, движение с перебоями
От 1 и выше	Дорога полностью заполнена

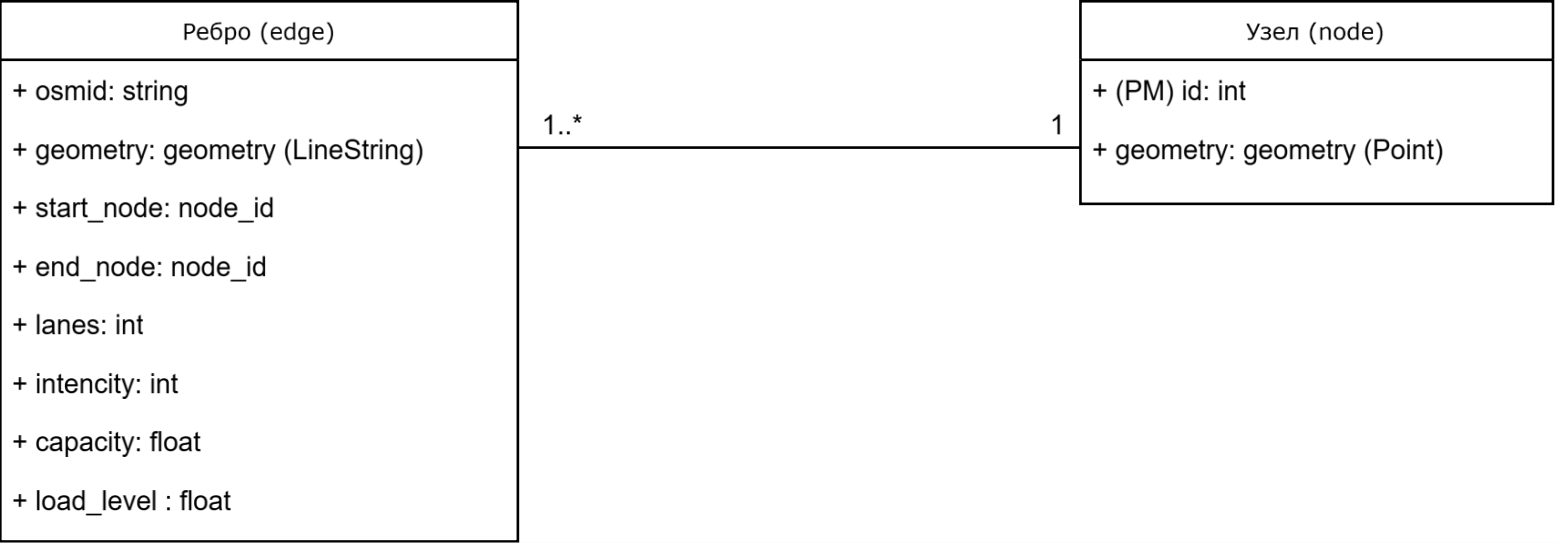
## Виды представления данных:

1. Машиночитаемый граф дорог с атрибутом «уровень загрузки»
2. Таблица связей
3. В виде карты

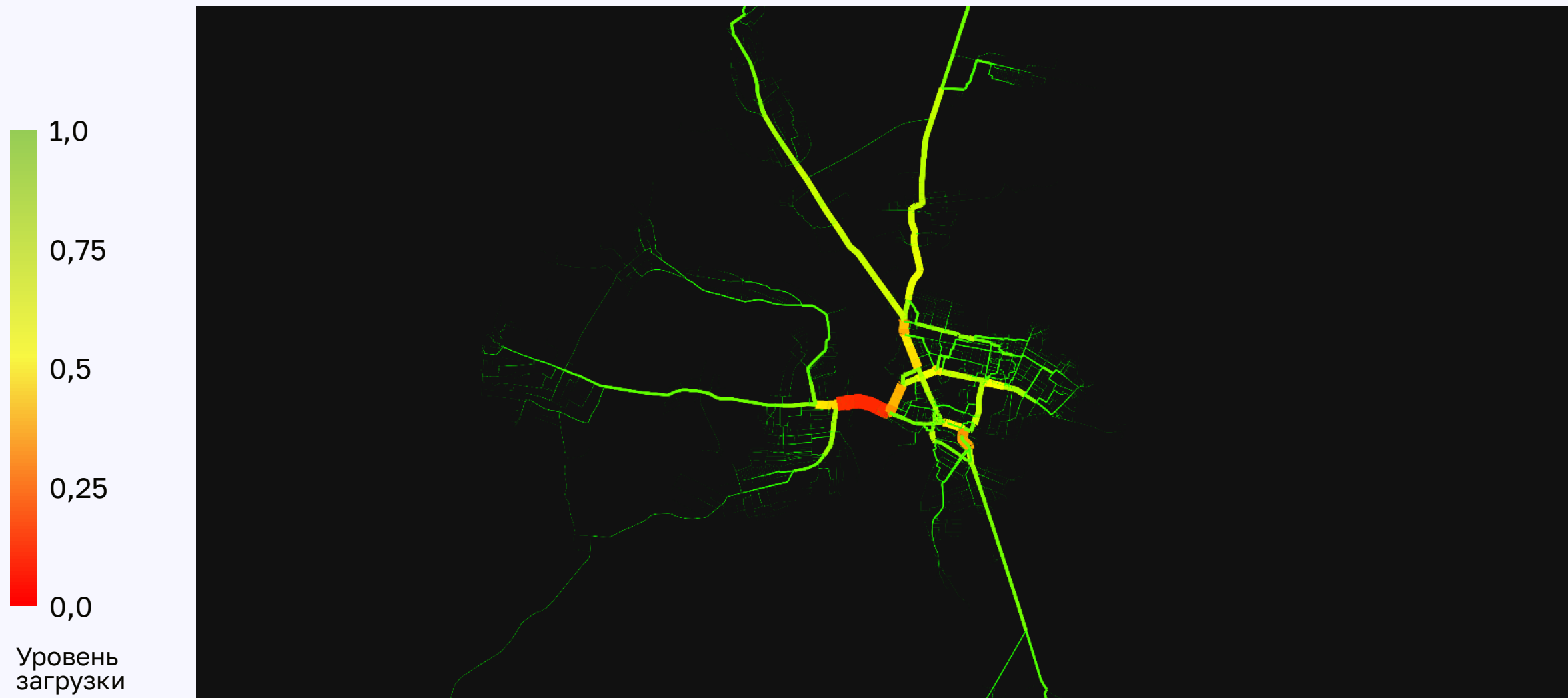




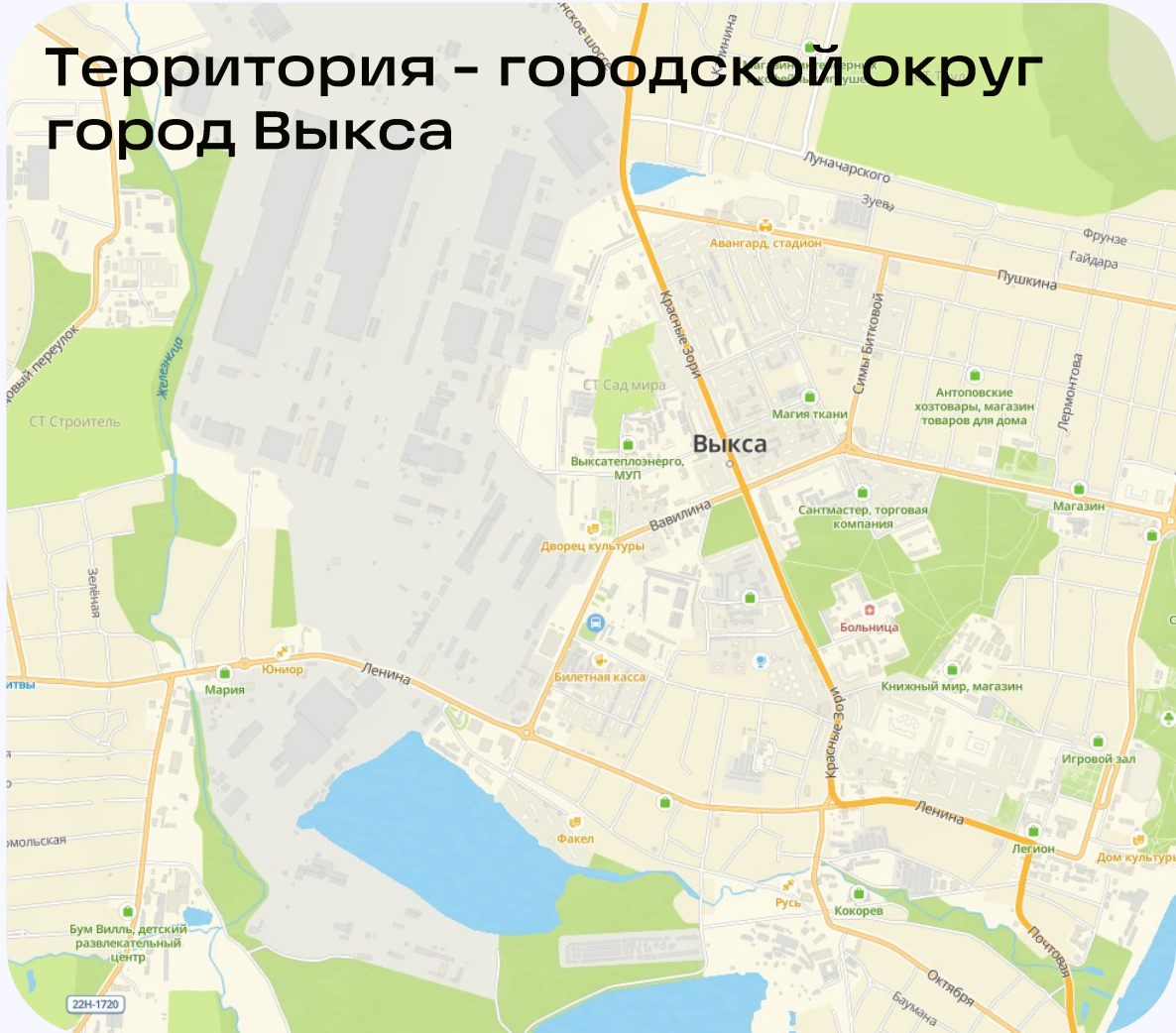
# Атрибуты итогового графа



# Демонстрация



## Территория - городской округ город Выкса



### Три сценария:

- Существующее положение
- Существующее положение увеличением количества полос на магистральной улице
- Существующее положение с добавлением западного обхода города

Апробация метода проводилась в сравнении с моделью фреймворка MATSim

# Сценарий 0

## Существующее положение



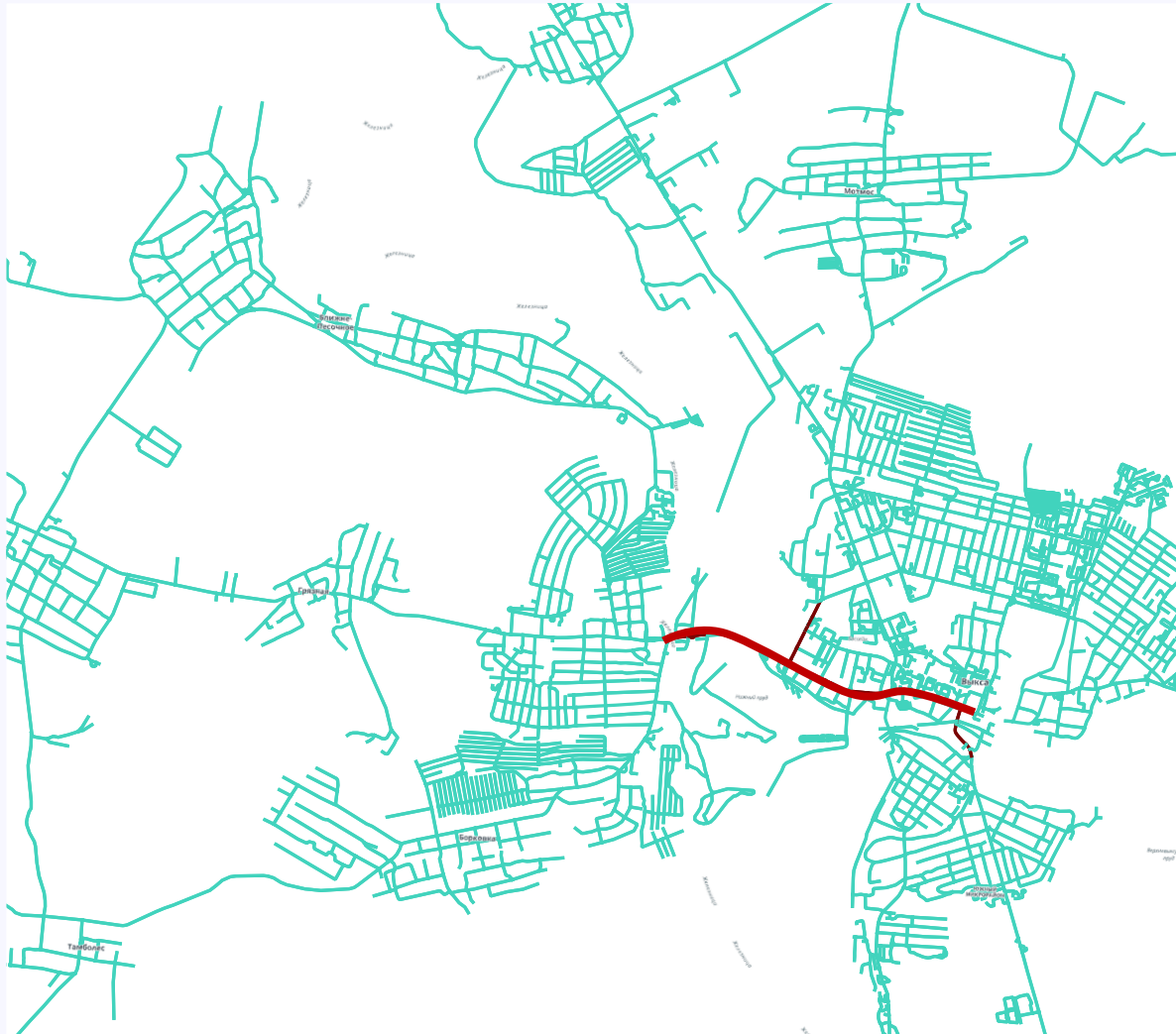
Существующая улично-дорожная сеть

Большая часть дорог городского округа – 2 полосные, двухсторонние

- 1 полоса
- 2 полосы

# Сценарий 1

## Расширение улицы Ленина

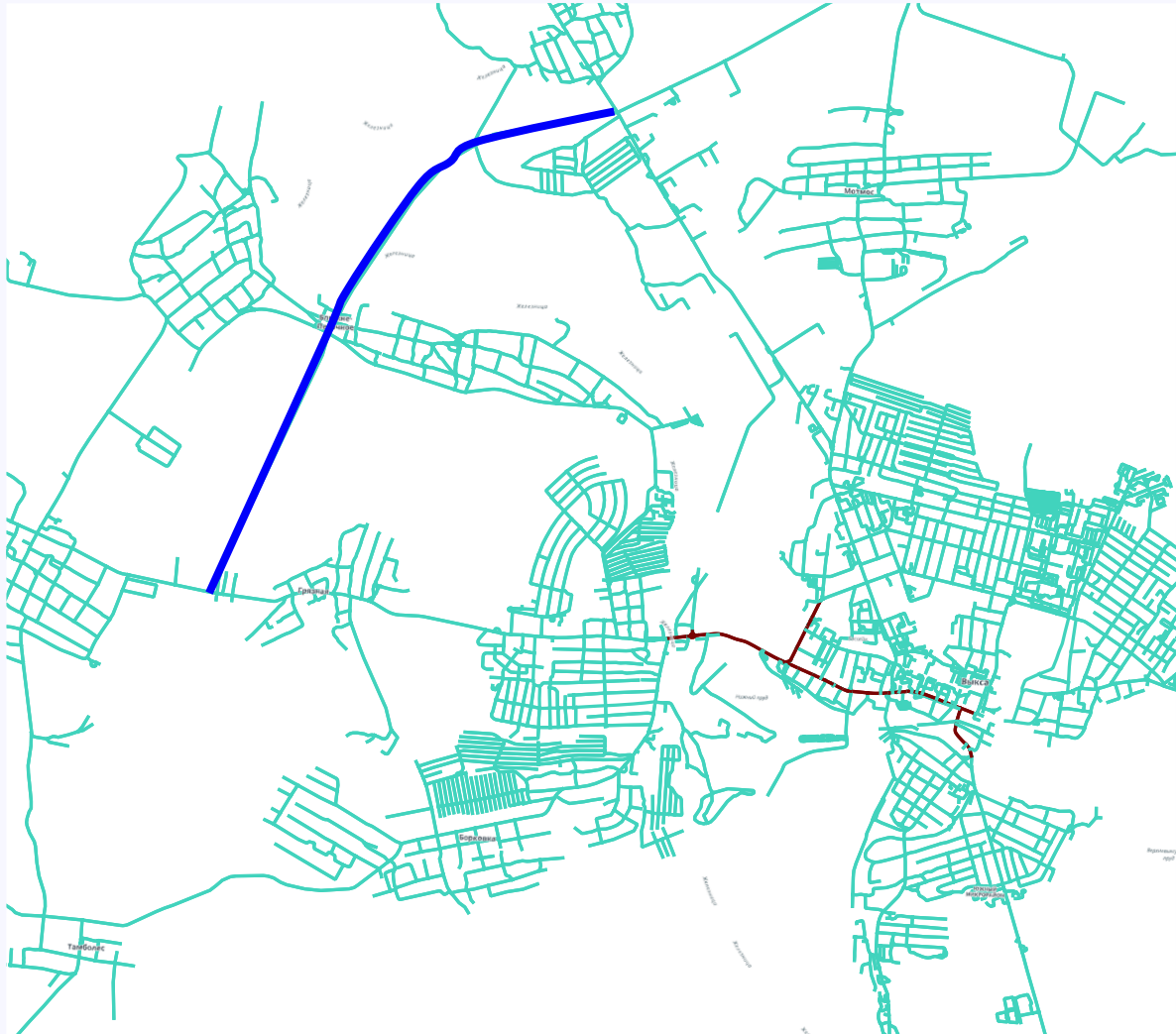


Расширение улицы Ленина от  
Борковского проезда до Почтовой  
улицы

- 1 полоса в каждую сторону
- 2 полосы в каждую сторону
- Добавленная дорога с 1 полоса в каждую сторону

# Сценарий 2

## Строительство западного обхода



Строительство западного обхода города, запланировано в генеральном плане

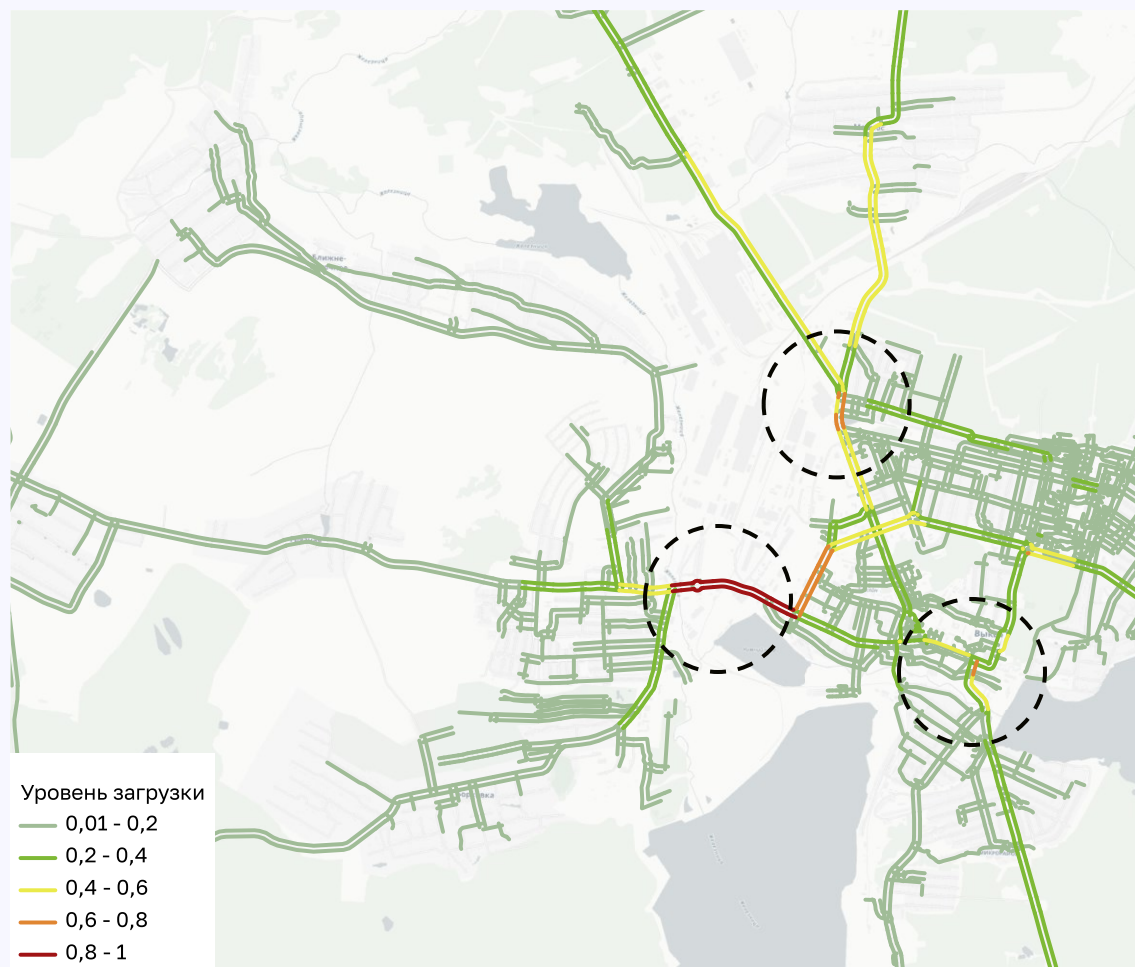
- 1 полоса в каждую сторону
- 2 полосы в каждую сторону
- Добавленная дорога с 1 полоса в каждую сторону



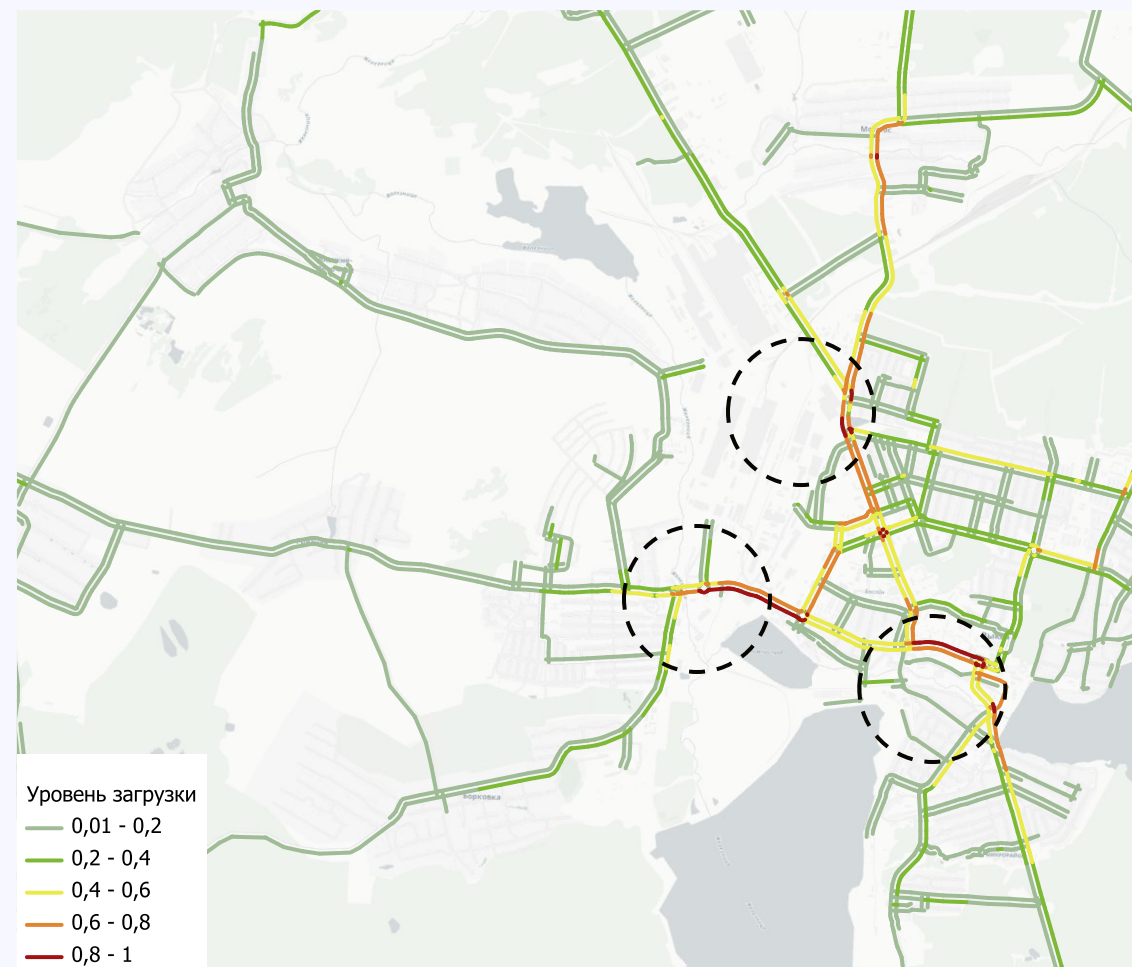
# Результаты сценария 0

## Существующее положение

Результат работы метода



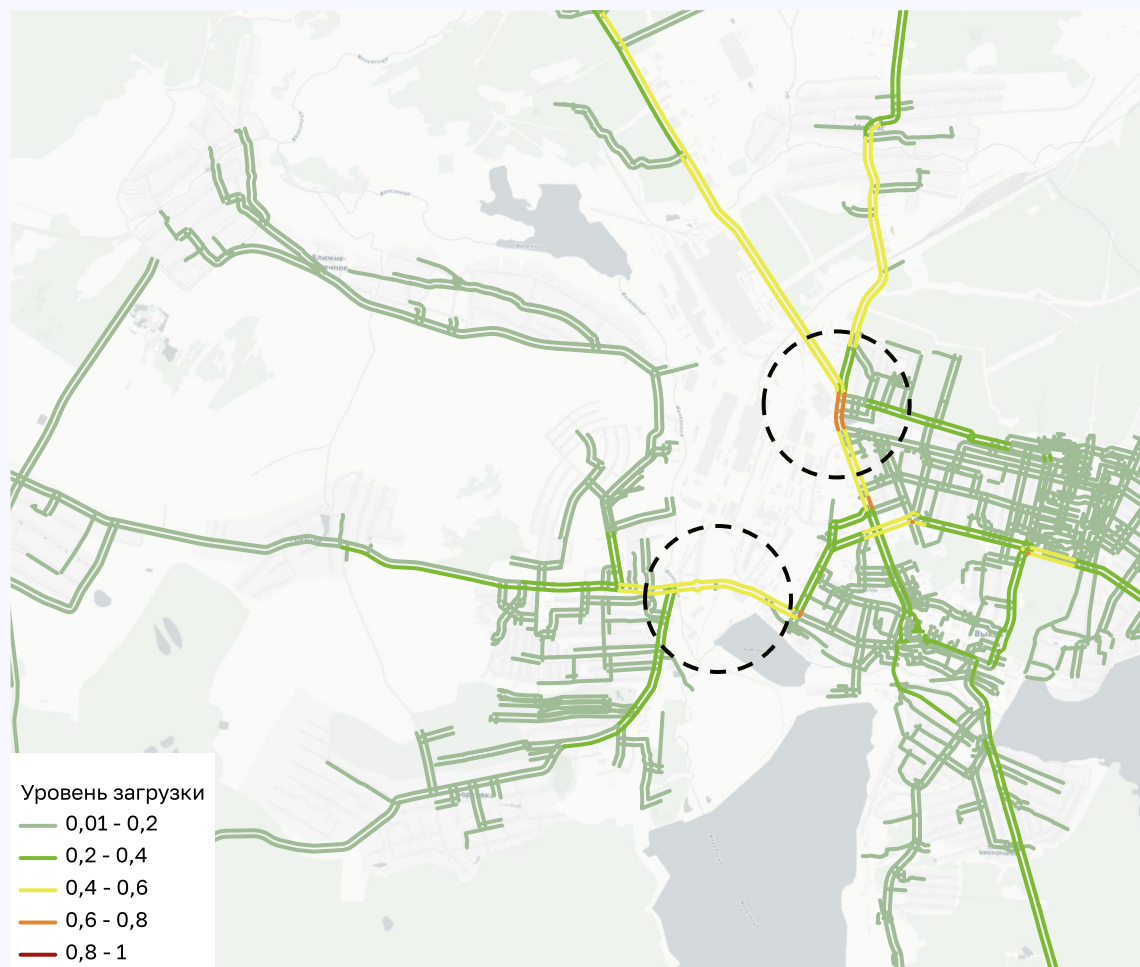
Модель MATSim



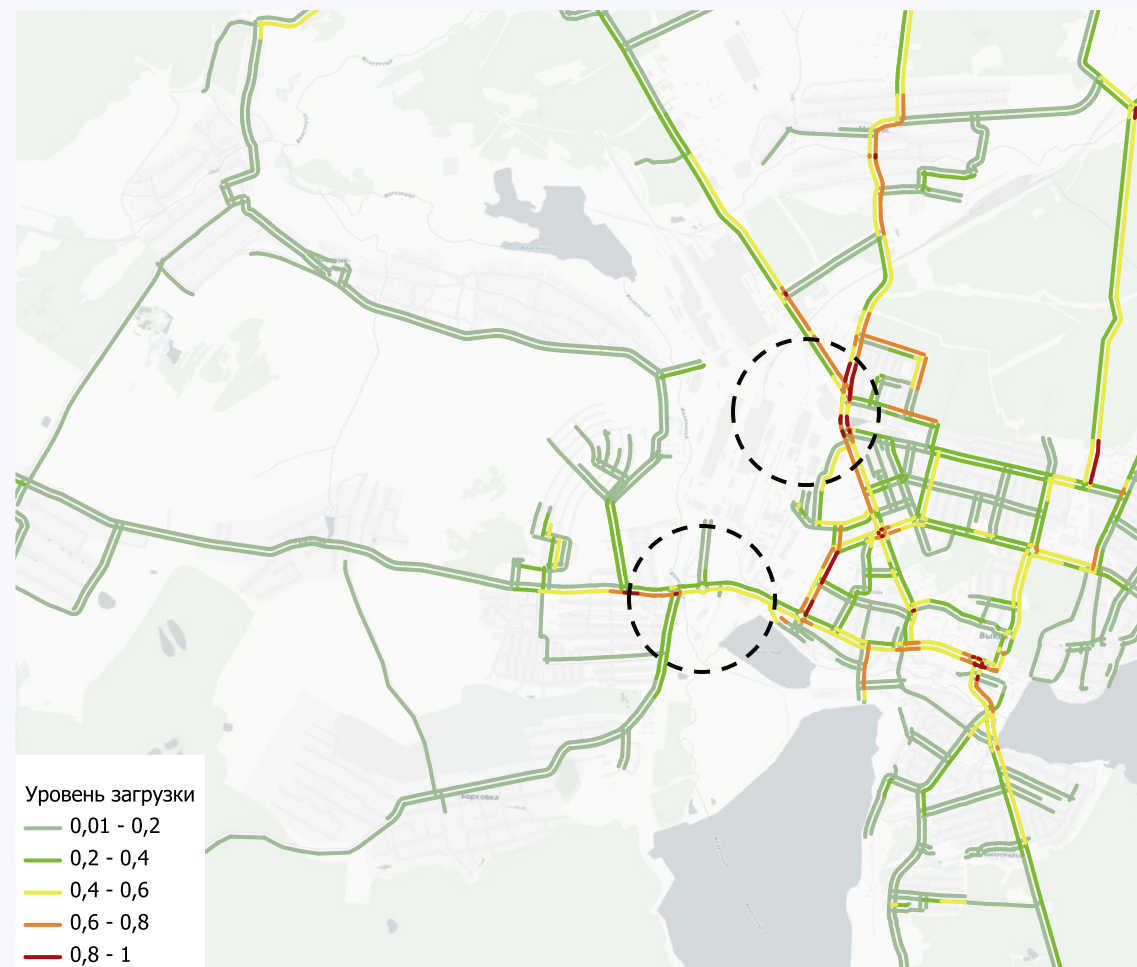
# Результаты сценария 1

## Расширение улицы Ленина

Результат работы метода



Модель MATSim



# Сценарий 2

## Строительство западного обхода

Результат работы метода



Модель MATSim



# Выводы по сценариям

## Сценарий №0

На результатах метода видны главные точки заторов

Есть совпадение по уровням загрузки главных магистралей

## Сценарий №1

При расширении улицы снизился уровень загрузки на неё и на прилегающих улицах

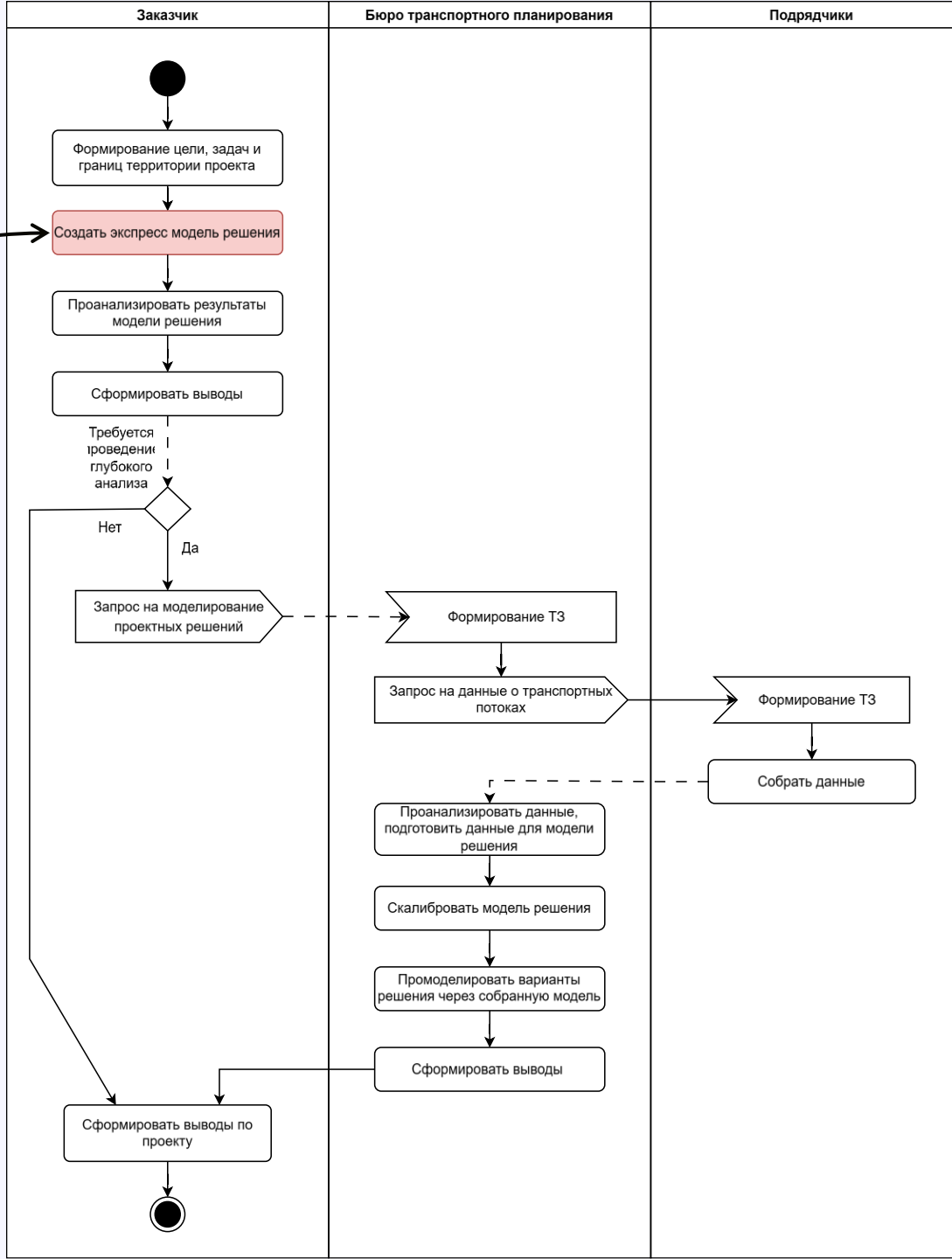
## Сценарий №2

Метод избыточно перераспределил трафик

Но при этом загрузка вблизи важных узлов совпадает

# Рекомендации по внедрению

Нетребовательность к данным, вычислительным мощностям и простота позволяют использовать метод для экспресс-анализа





# Выводы

1. Метод показывает места возможного возникновения заторов
2. Метод требует меньшего кол-ва данных
3. Быстрота работы
4. Машиночитаемость данных позволяет использовать их в других анализах

## Где можно использовать:

- При транспортном планировании: исследование, разработки транспортных решений. Экспресс-анализ

GitHub







# Разработка подхода к прогнозированию загруженности автомобильных дорог общего пользования на основе сетевых свойств улично-дорожной сети

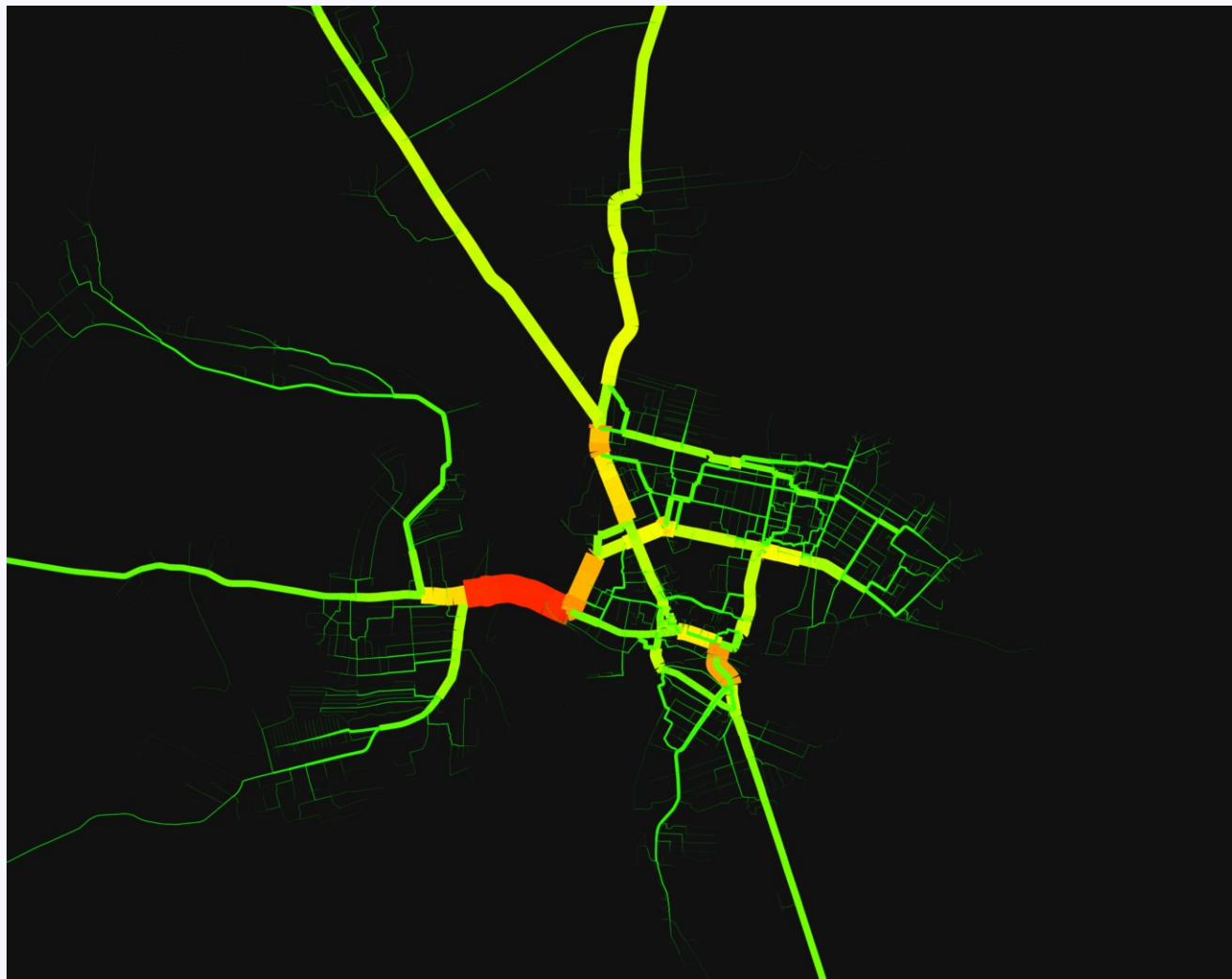
**Студент**

Шеховцов Виктор  
Владимирович,  
гр. С4202

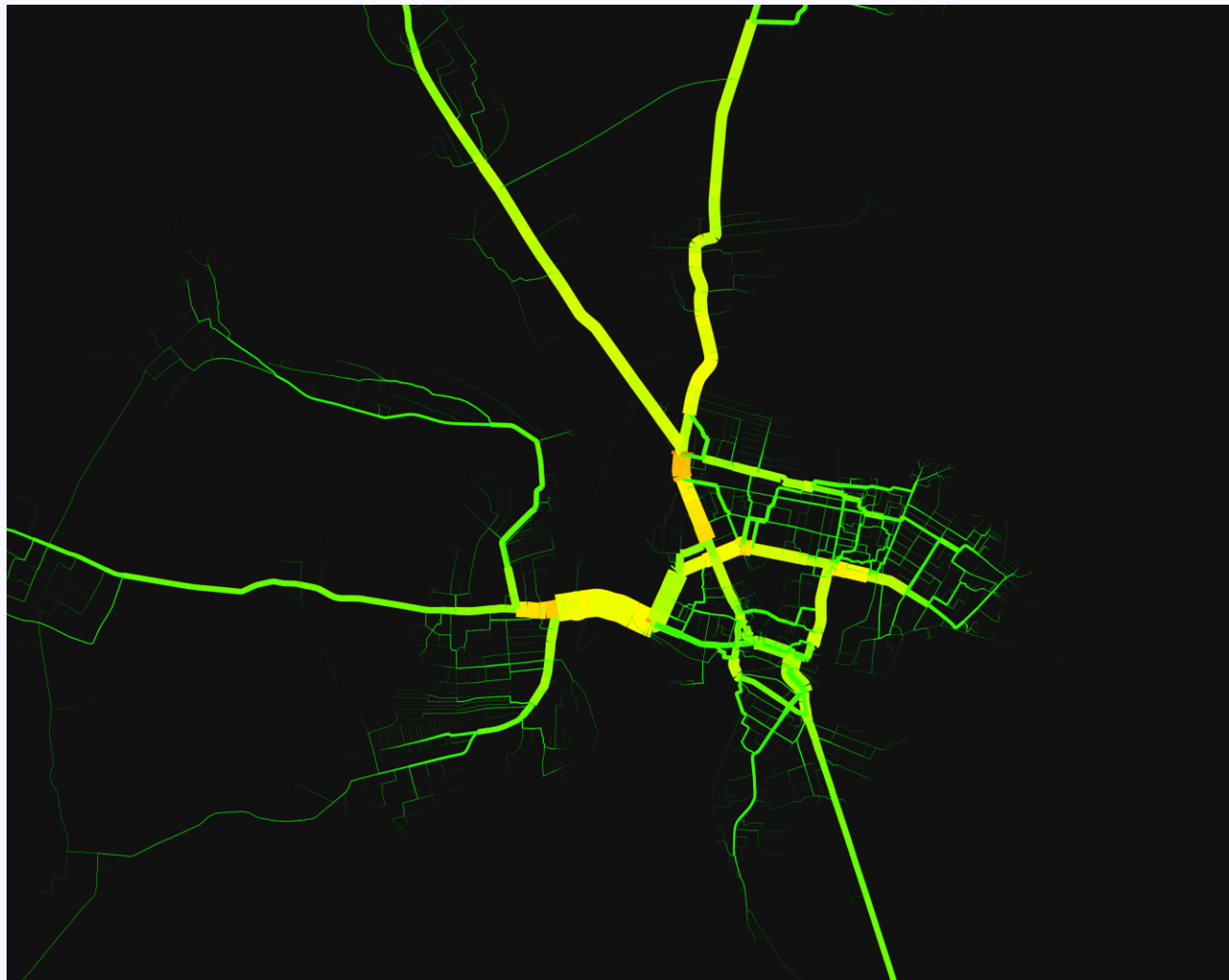
**Научный  
руководитель**

Митягин Сергей  
Александрович,  
к.т.н., директор ИДУ

# Сценарий 0



# Сценарий 1



# Сценарий 2

