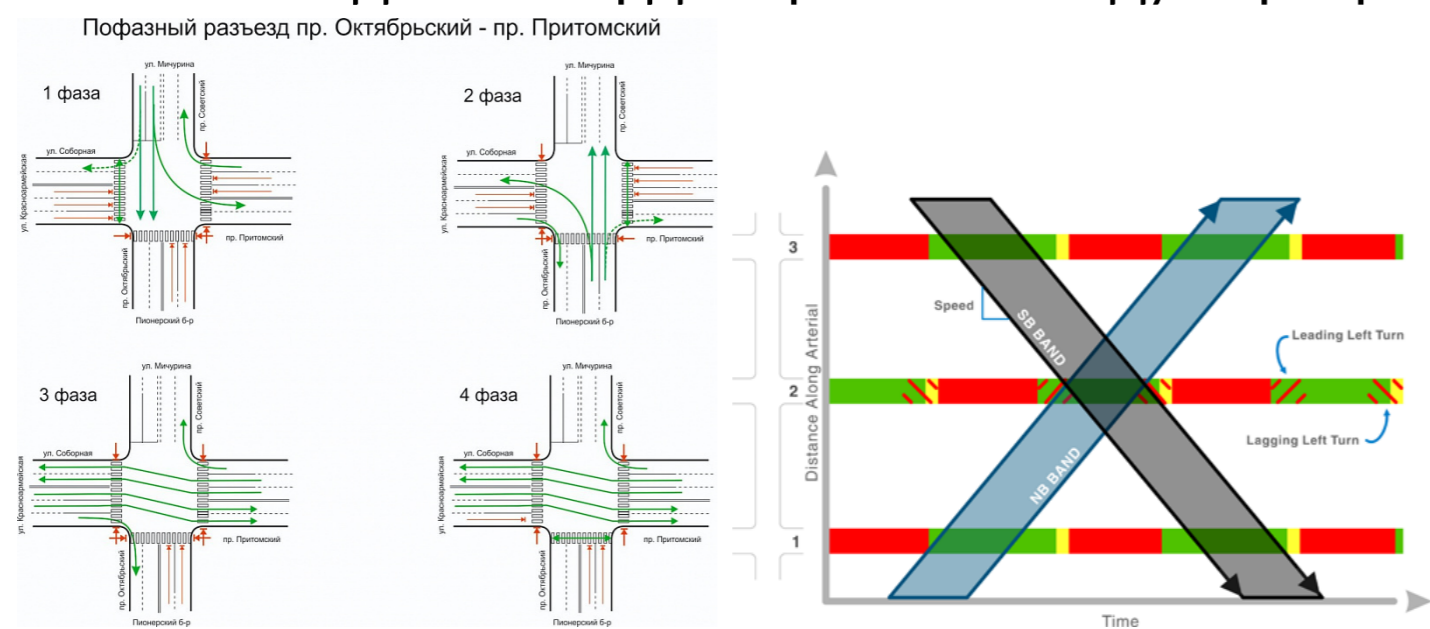


# Адаптивное светофорное регулирование на основе макроскопической модели транспортной сети

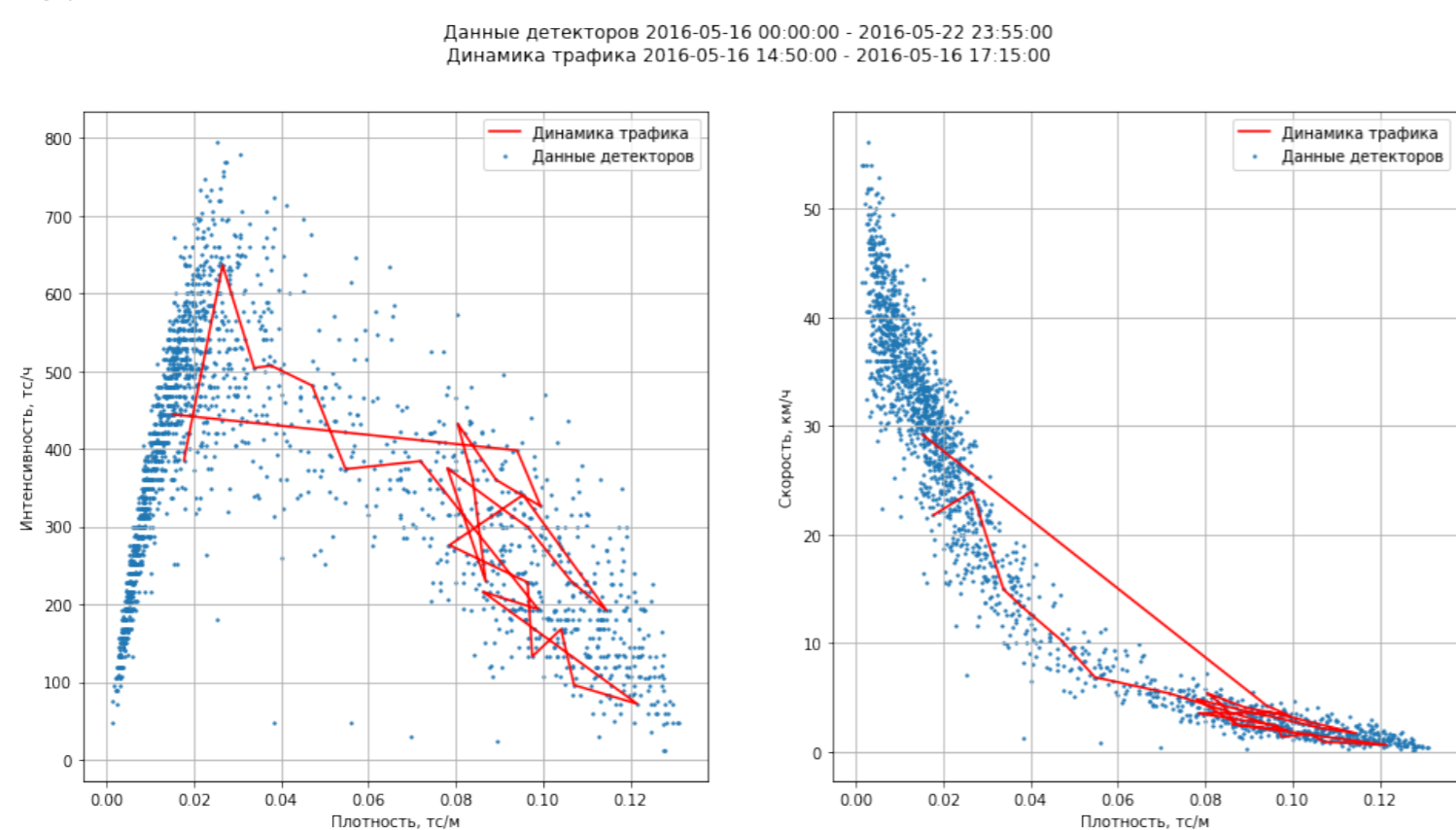
Матросов С.В. ФФ МГУ, кафедра физико-математических методов управления

## Введение

Управление перекрестками осуществляется путем переключения фаз. Переключение необходимо координировать между перекрестками.

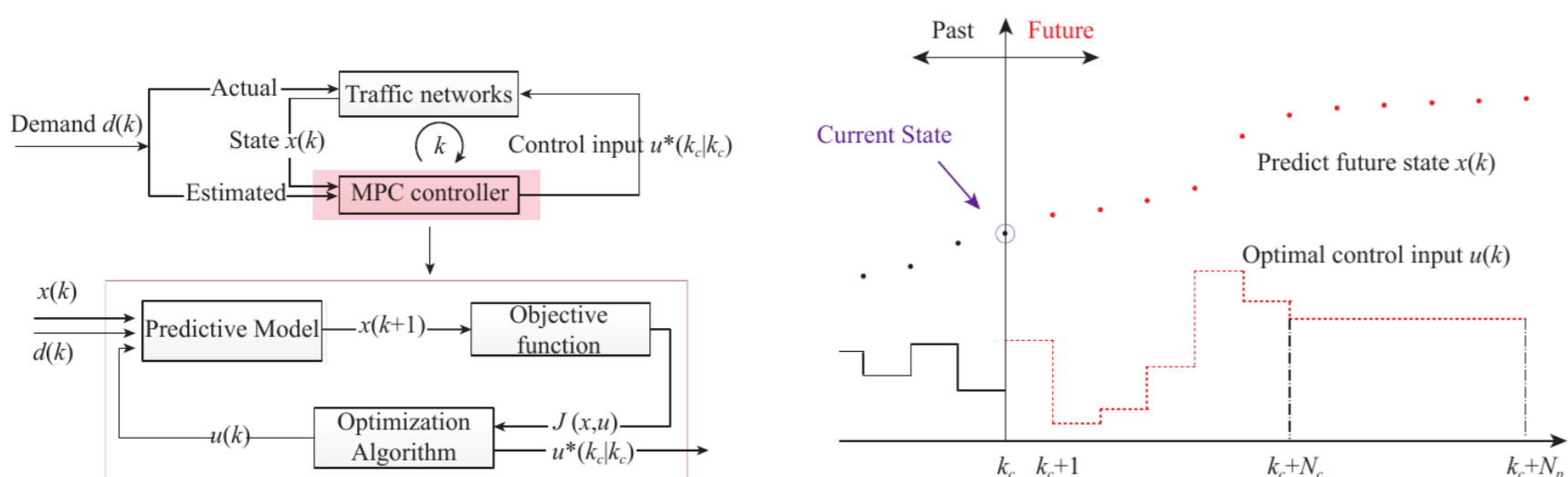


С увеличением числа машин на дороге трафик начинает вести себя нелинейно:



## Предиктивное управление

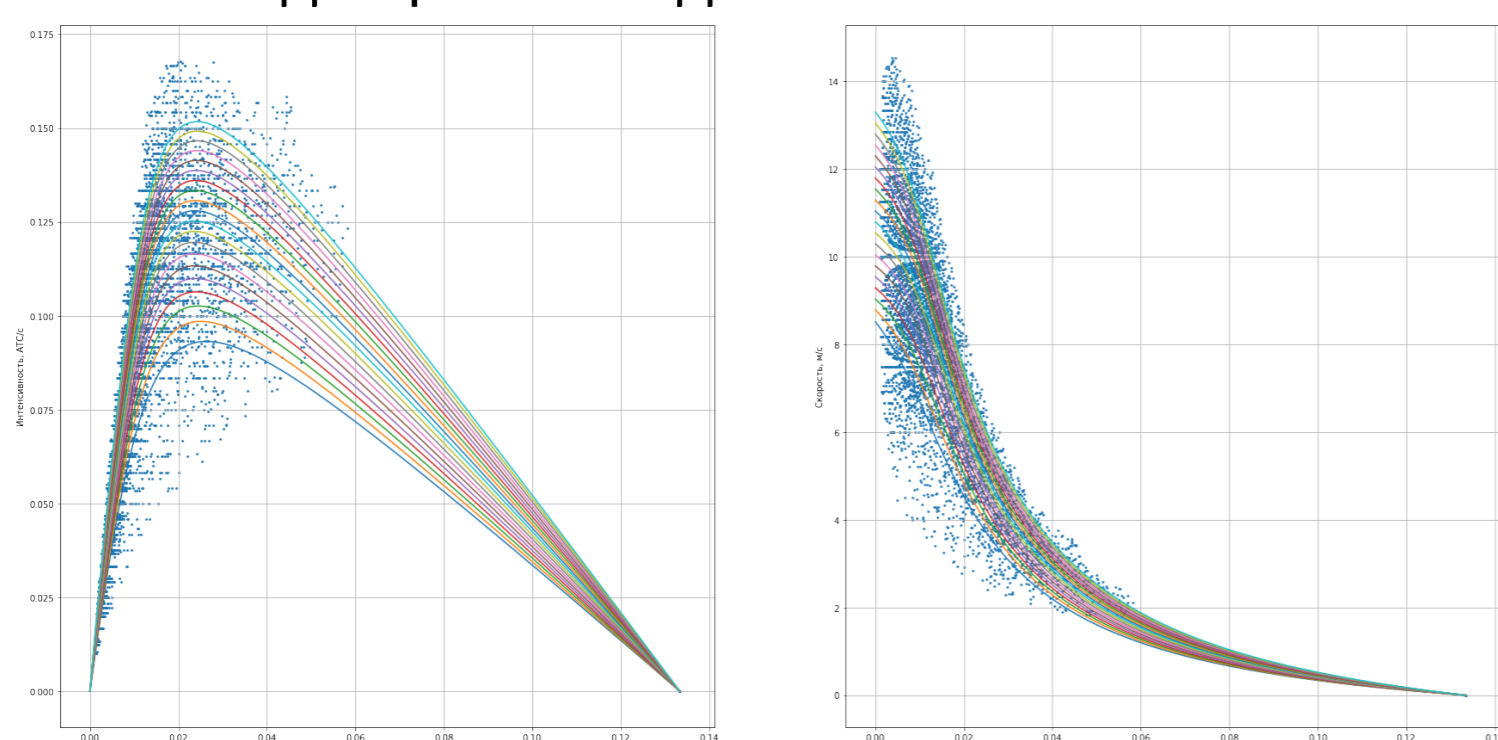
Для управления используем подход MPC:



Для моделирования трафика используем модель GARZ:

$$\begin{cases} \rho_t + (\rho u)_x = 0 \\ (\rho \omega)_t + (\rho \omega u)_x = \frac{V_e(\rho) - u}{\tau} \\ u = V(\rho, \omega) \end{cases}$$

Фундаментальная диаграмма модели GARZ:



Слияние транспортных потоков:

$$\begin{aligned} \max_f \sum_{i=1}^N f_i \\ 0 \leq f_i \leq S_i \\ \sum_{i=1}^N f_i \leq R(\rho_m, \omega_m) \end{aligned}$$

Целевая функция:

$$\begin{aligned} CDS(x, u) &= \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \sum_{l \in L} w(l) \left( \frac{\bar{\rho}_l^t}{\rho_c(\omega_{max})} \right)^2 \\ WWAP(x, u) &= \frac{2}{T^2(T+1)} \sum_{t=1}^T \sum_{c \in C} t_{closed}^c w(l) (\bar{\rho}_{c_{in}}^t - \bar{\rho}_{c_{out}}^t) \\ J(x, u) &= CDS(x, u) + WWAP(x, u) \end{aligned}$$

## Оптимизация – метод сглаживания

• Заменяем целевую функцию на ее сглаженный аналог:

$$f_\gamma(x) = \mathbb{E}_e f(x + \gamma e), \quad e \sim UB_2^d(1)$$

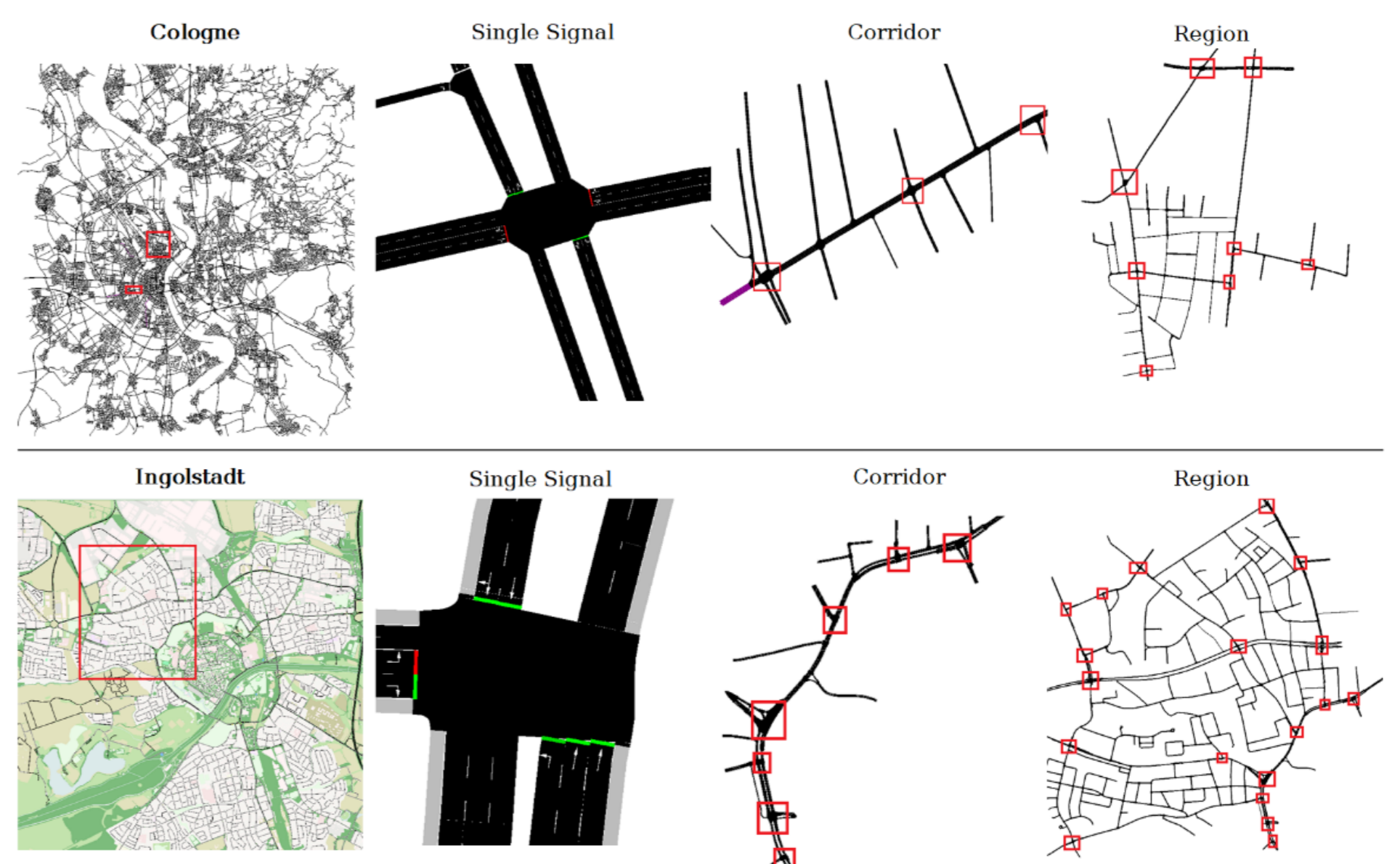
• Используем следующую аппроксимацию градиента:

$$g(x) = \frac{d}{2\gamma} (f(x + \gamma e) - f(x - \gamma e)) e, \quad e \sim US_2^d(1)$$

• Используем для решения сглаженной задачи алгоритмы стохастической оптимизации первого порядка  $A(L, \sigma^2)$

## Численные эксперименты

Для проведения численных экспериментов использовался пакет SUMO и набор сценариев из бенчмарка RESCO



Задержка в транспортной сети:

| Сценарий    | ФП    | ГА           | НМ                 | МС                  |
|-------------|-------|--------------|--------------------|---------------------|
| Arterial4x4 | 647.5 | -            | 545.4(15.8%)       | <b>515.6(20.4%)</b> |
| Grid4x4     | 90.2  | -            | <b>88.7 (1.7%)</b> | 89.5 (0.7%)         |
| Cologne1    | 37.4  | -            | <b>33.7(5.6%)</b>  | -                   |
| Cologne3    | 35.7  | 31.23(5.28%) | 33.7(5.6%)         | <b>31.9(10.6%)</b>  |
| Cologne8    | 43.0  | 38.94(8.83%) | 41.5(3.4%)         | <b>39.0(9.4%)</b>   |
| Ingolstadt1 | 27.9  | -            | <b>19.3(30.8%)</b> | 20.1(28.0%)         |
| Ingolstadt7 | 61.8  | 56.36(8.83%) | <b>46.8(23.9%)</b> | 52.5(15.1%)         |

## Пробный запуск в Казани

- Адаптивная зона на севере города в Авиастроительном районе рядом с городской больницей №11
- На западе и на севере обширная частная застройка
- 5 светофорных контроллеров
- Видео-детекторы на въездах
- Система управления была запущена 6 апреля и проработала до 28 апреля
- В сравнении с 2 неделями до запуска наблюдается рост интенсивности на 25% и средней скорости на 15%

