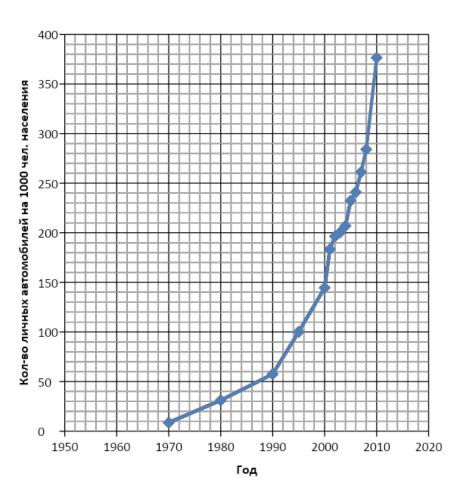
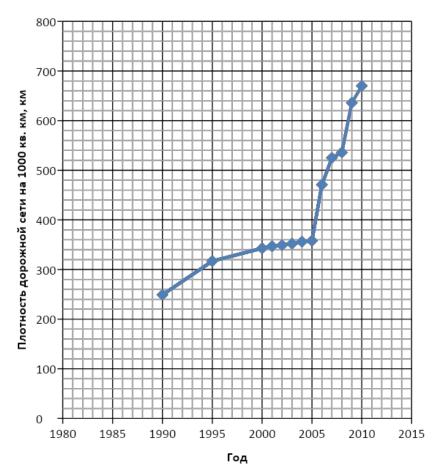
Методы и алгоритмы решения задачи пространственновременного распределения параметров транспортных потоков на дорожной сети

аспирант Данилкин В.А. науч. рук. д.т.н., профессор Жуков И.Ю.

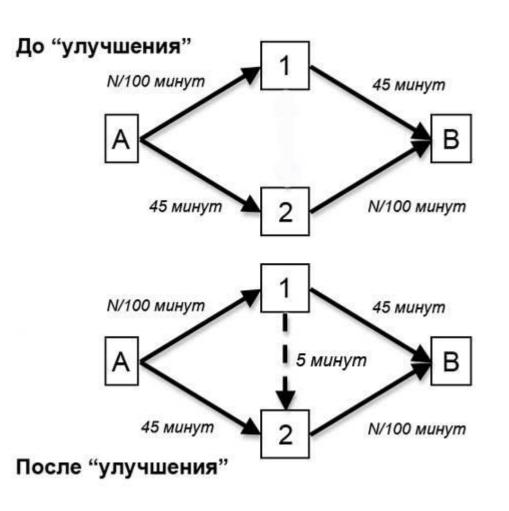
Текущая транспортная ситуация

Москва и Московская область





Парадокс Браеса



- 4000 автомобилей едут из А в В
- Водители независимо принимают решение о выборе маршрута (2ой принцип Вардропа)
- До «улучшения»: 2000 авт. по А-1-В, 2000 авт. по А-2-В => время на поездку = 65 мин.
- После «улучшения»: 4000 авт. по А-1-2-В => время на поезду 4000/100 + 5 + 4000/100 = 85 мин.

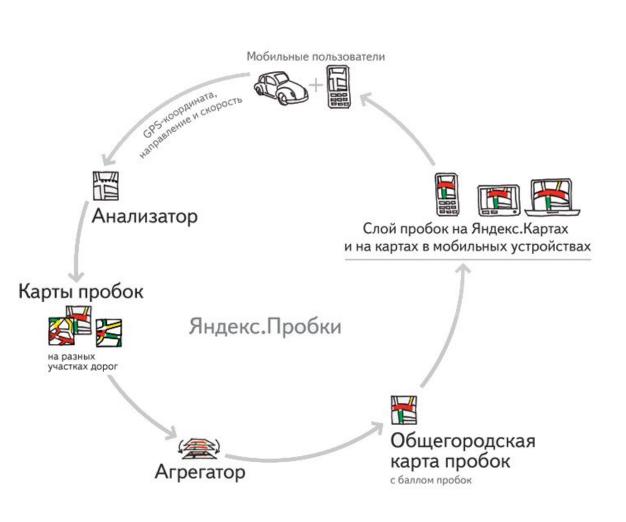
Цель исследования – мониторинг транспортных потоков

Получение условий и режимов движения транспортных потоков на дорожной сети для определения временных издержек её пользователей

Существующие подходы к мониторингу транспортных потоков

- Сервисы, основанные на машинном обучении Яндекс.Пробки, Google пробки
- Математическое моделирование транспортных потоков

Яндекс.Пробки



- Отсутствие системы организации движения
- Зависимость от количества получаемых данных
- Текущая информация имеет задержку в 15 мин

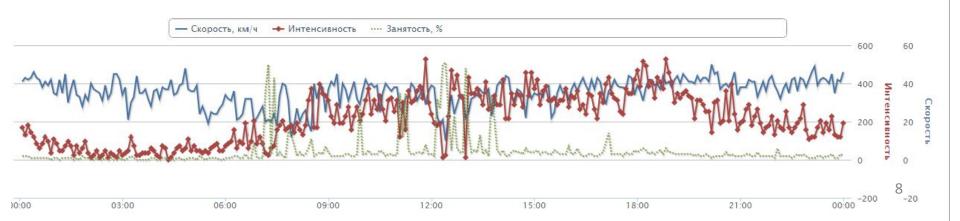
6

Математические модели транспортных потоков

Время		Пространство		
		Непрерывное	Дискретно е	N/A
Динамика	Непрерывно е	МикромоделиМакромодели	Не существую т на данный момент	N/A
	Дискретное	Не существуют на данный момент	Клеточные автоматы	N/A
Статика	N/A	N/A	N/A	Статическое равновесное распределени

Детекторы транспорта

- Интенсивность (количество TC за Δt , q)
- Скорость (среднеарифметическая скорость ТС за $\Delta t, V$)
- Занятость (время нахождения ТС в сечении детектора/ Δt)



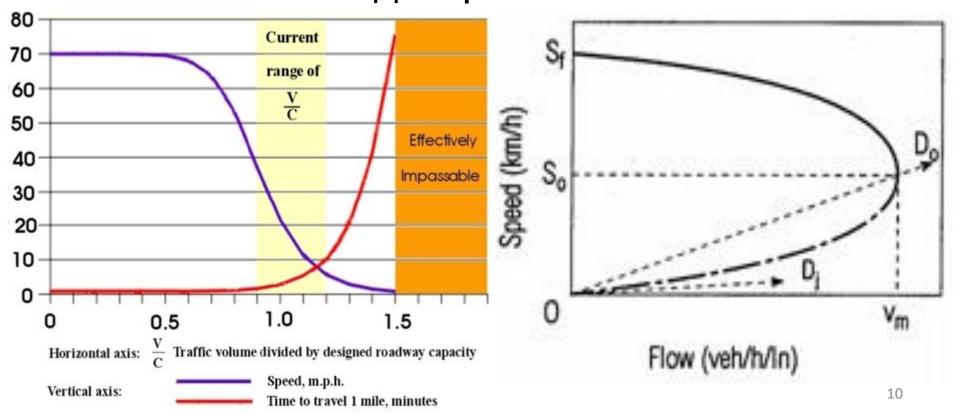
Существующие программные средства мониторинга транспортных потоков

SUMO, Cube, PTV VISUM

- Основная задача равновесное распределение транспортных потоков на дорожной сети
- Учет системы организации дорожного движения (статический)
- Статическая модель транспортных потоков (отсутствие понятия очереди)
- Использование калибруемых BPR-функций для расчета времени проезда участка дорожной сети

BPR-функции и фундаментальная диаграмма транспортного потока

BPR-функция Фундаментальная диаграмма



Динамические модели транспортного потока

	Необходима информация о пространственн ом распределение автомобилей	Существуют функции, описывающие поведение транспортного потока на непрямолинейных участках	
Микро	Да	Да, в неявном виде	
Макро	Нет	Частично	

Постановка задачи

- Декомпозиция дорожной сети на уникальные элементы (неоднородности), при прохождении которых транспортные потоки меняют свое поведение (изменяются параметры)
- Построение моделей элементов, описывающих пространственное распределение параметров транспортных потоков с минимальным числом калибруемых переменных
- Разработка алгоритмы каскадного влияния фронтов транспортных потоков
- Разработка специального программного обеспечения

Элементы дорожной сети -> математические модели

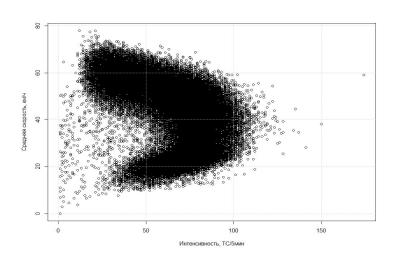
- 1. Ж/Д переезд (регулируемый и нерегулируемый)
- 2. Искусственная неровность
- 3. Светофор
- 4. Трамвайная остановка
- 5. Нерегулируемый пешеходный переход
- 6. Сужение
- 7. Расширение
- 8. Остановка НГПТ (с карманом и без него)
- 9. Съезд
- 10. Выезд
- 11. Нерегулируемый перекресток

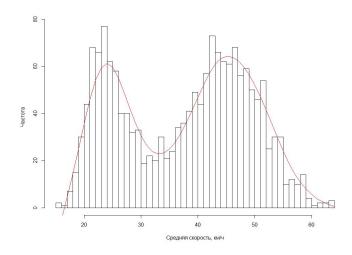


- 1. Светофор
- 2. Сужение
- 3. Съезд
- Выезд
- 5. Ограничение скорости

Методика обработки данных

- Рассматриваются данные с детекторов транспорта за несколько месяцев измерений на разных расстояниях от неоднородности
- Выделяются свободное и перегруженное состояние транспортного потока авторским методом





 Подбираются «наилучшие» линейные аппроксимирующие функции с помощью методов регрессионного анализа

Модель светофора

Для независимых потоков:

Пространственное распределение скорости потока в свободной фазе для полосы ($\Delta t > T_c$)

$$V_f = V_{max}(R) - \left(1 - \frac{T_g}{T_c}\right) * (mi \, n(q, 0.9 * q_{max}) - \frac{l}{l_v}) * \frac{1}{k}$$

Пространственное распределение скорости потока в перегруженной фазе для полосы

$$V_{c} = \frac{q}{q_{max}} * (V_{max} - \left(1 - \frac{T_{g}}{T_{c}}\right) * q_{max} * \frac{1}{k} - V_{min}) + V_{min}$$

$$V_{c}(l) = const = q - q_{max}$$

Для нескольких направлений с одной полосы $V = \sum_{i,j} V_{i,j} \cdot p_{i,j}$

 q_{max} - пропускная способность [TC/5 мин],

k - коэффициент размерности [TC/км],

 V_{max} - максимально допустимая скорость,

 V_{min} - минимально возможная скорость,

 l_v - расстояние, занимаемое одним автомобилем в очереди,

R — радиус поворота,

l – расстояние от светофора

 p_{ij} - матрица разъездов (корреспонденций) , где i- источник, j- сток, в %

Для зависимых потоков $V_{max}(R)$ рассчитывается из моделей съезда и выезда

Модель ограничения скорости

•

$$V = V_{max}$$

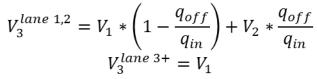
$$V(l) = const = q \cdot (l_v + V_{max} \cdot T + s_0)$$

T — время реакции водителя,

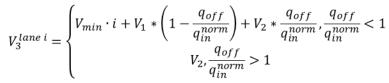
 s_0 — минимальная дистанция безопасности

Модель съезда

1 - свободный, 2 – свободный



1-свободный, 2 - перегруженный



1 перегруженный, 2-свободный/перегруженный

$$V_{3}^{lane\ 1} = \begin{cases} V_{1}*\left(1 - \frac{q_{off}}{q_{in}}\right) + V_{2}*\frac{q_{off}}{q_{in}}, \frac{q_{off}}{q_{in}} < 1 \\ V_{2}, \frac{q_{off}}{q_{in}} > 1 \end{cases}$$

$$V_{3}^{lane\ 2} = V_{1}*\left(1 - \frac{i-1}{N_{i}}\frac{q_{off}}{q_{in}}\right)$$

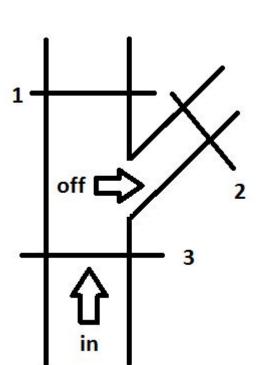
$$V_{3}^{lane\ 3+} = \min(V_{1}, V_{2})$$

$$V(l) = const = q \cdot (l_v + V_{max} \cdot T + s_0)$$

i – номер полосы движения для q_{in} ,

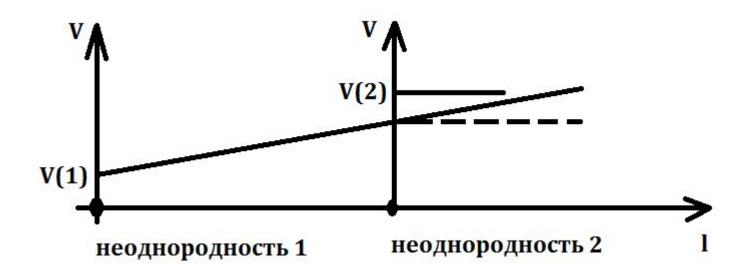
 N_i – число полос движения q_{in} ,

$$q_{in}^{norm} = \frac{q_{in}}{N_i}$$



Каскадное влияние фронтов транспортных потоков

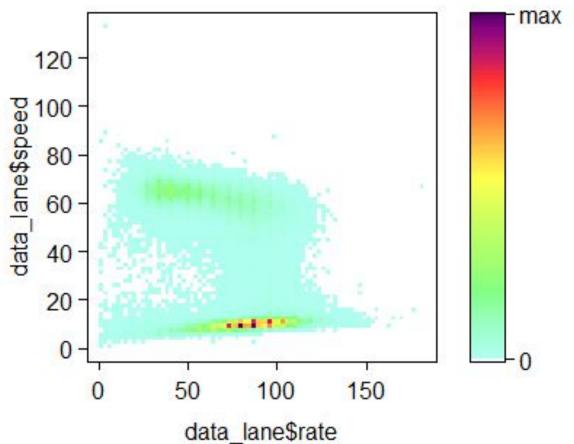
• V(q,l) текущего транспортного потока = V(q,l) заднего фронта транспортного потока по ходу движения



• Для светофоров на расстоянии до 800м вводится степень координированной работы [0,1] для расчета q_{max}

Текущие исследования

- Сужение
- Выезд



Результаты

Время		Пространство		
		Непрерывное	Дискретно е	N/A
Динамика	Непрерывно е	МикромоделиМакромодели	Не существую т на данный момент	N/A
	Дискретное	Разрабатываема я модель	Клеточные автоматы	N/A
Статика	N/A	N/A	N/A	Статическое равновесное распределени е