МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ(ГУ)
Факультет управления и прикладной математики
Кафедра «Математическое моделирование сложных процессов и систем»

Обобщение модели Трайбера в случае многополосных автомобильных дорог

Выполнила Обидина Татьяна Сергеевна
Научный руководитель к.ф-м.н. Оленёв Николай Николаевич

Москва, 2012

Цель исследований

- Проанализировать существующие математические модели транспортных потоков.
- Разработать математическую модель движения по многополосной дороге.
- Разработать математическую модель движения на перекрестке.
- Реализовать разработанные модели на многополосной дороге и перекрестке.
- Проанализировать полученные результаты.

Наиболее популярные микроскопические транспортные модели.

- Модель оптимальной скорости Ньюэлла
- Модель следования за лидером Дженерал Моторс
- Модель “разумного водителя” Трайбера
- Модели клеточных автоматов
- Модель Кернера-Кленова

Модель «разумного водителя» Трайбера

$$a_{IDM}(s, v, \Delta v) = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = a\left[1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^{\delta} - \left(\frac{s^{\star}(v, \Delta v)}{s}\right)^{2}\right]$$

$$s^{\star}(v, \Delta v) = s_0 + vT + \frac{v\Delta v}{2\sqrt{ab}}$$

Параметры модели

Параметр	Автомобиль	Грузовик
Желаемая скорость v_0	120 км/ч	85 км/ч
Степень ускорения δ	4	4
Желаемый временной зазор T	1.5с	2.0с
Дистанция сближения s_0	2.0м	4.0м
Максимальное ускорение a	$1.4\text{м}/c^2$	$0.7\text{м}/c^2$
Желаемое торможение b	$2.0\text{м}/c^2$	$2.0\text{м}/c^2$
Фактор хладнокровия c	0.99	0.99

Моделирование многополосного движения автотранспорта

- 1. Машина находится в зоне, где разрешена смена полосы в соответствии с правилами дорожного движения.
- 2. Смена полосы ведет к увеличению скорости АТС или необходима для достижения цели.
- 3. Правило безопасности: свободное расстояние на целевой полосе позади места перестраивания >=Vmax*t, впереди >= V*t, где t = const = 5 сек.

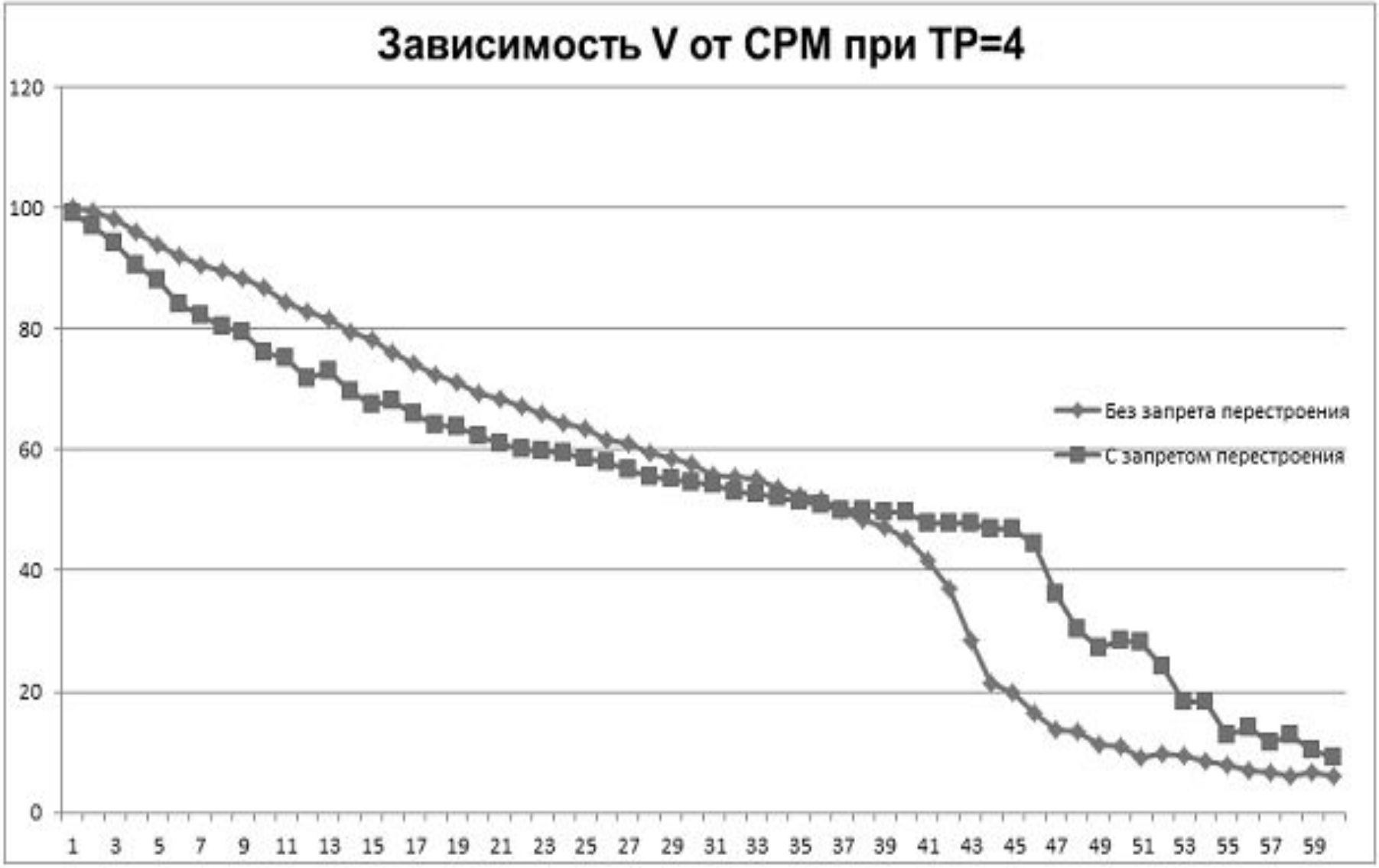
Моделирование движения автотранспорта на перекрестке

- 1. За X метров до светофора происходит перестроение из полосы в полосу по правилам, описанным ранее
- 2. Движение автомобиля по заданной полосе согласно модели Трайбера.
- 3. Дополнительное снижение скорости: если машина собирается поворачивать на перекрестке и находится в пределах 75 метров от поворота, то ее скорость ограничивается Vturn = 40 км/ч. При достижении точки поворота машина останавливается.
- Учет светофорного режима: машины сбрасывают скорость при приближении к горящему красному сигналу светофора: на расстоянии 50 метров скорость ограничивается 40 км/ч, на расстоянии 30 метров – 10 км/ч.
- 4. Перемещение автомобилей с учётом изменений скорости, возникших на шагах 3,4.
- 5. Поворот. Автомобили, находящиеся на точке поворота и имеющие соответствующую цель, меняют дорогу
- 6. Начинается новый временной шаг

Список обозначений

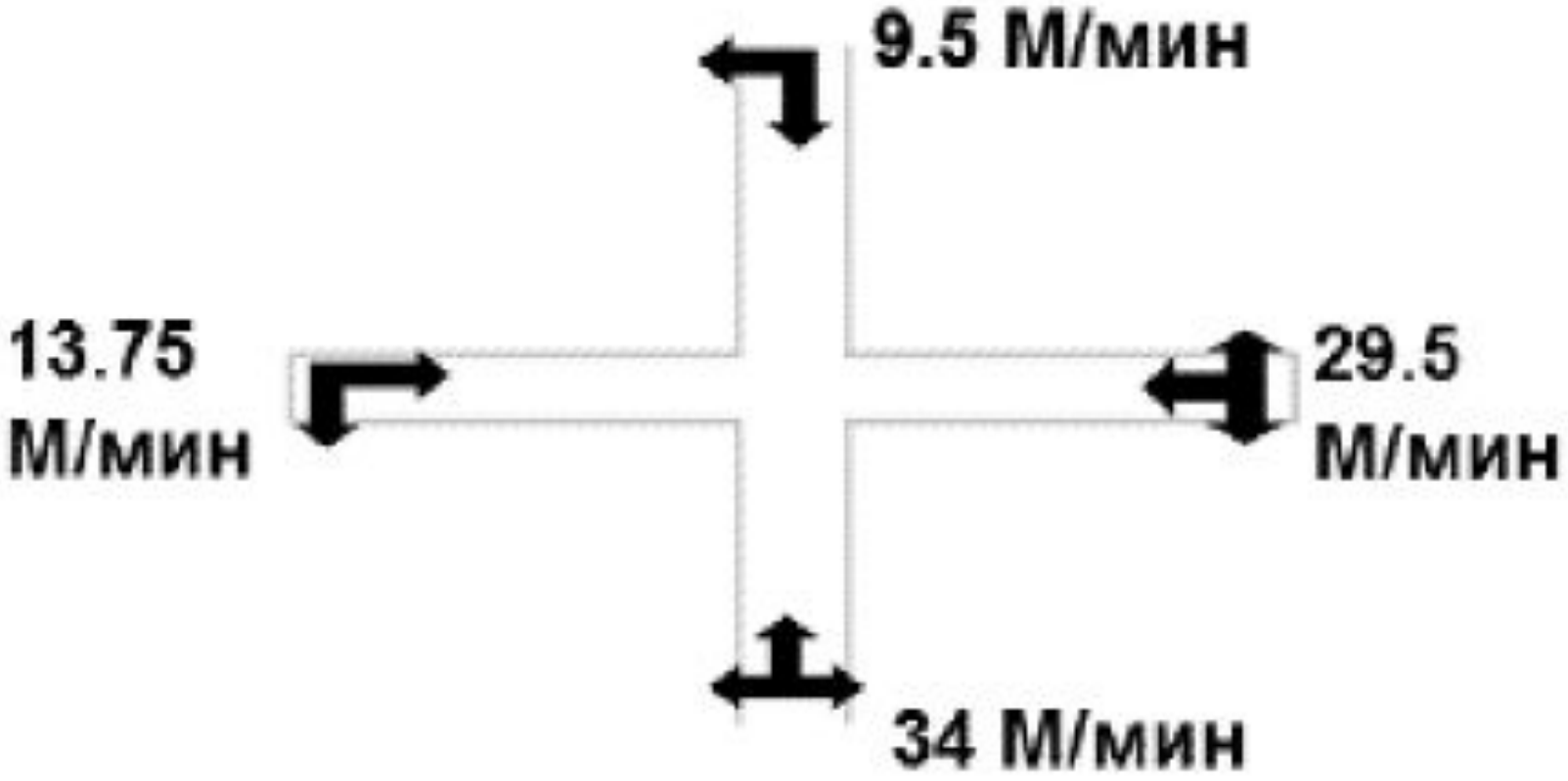
- V – среднее отношение текущей скорости к желаемой по всему времени и всем АТС
- TP - процент грузовых АТС во входящем потоке
- CPM - интенсивность входящего потока в АТС/мин
- CPT - количество АТС, покидающих перекресток за 1 секунду

Результаты на многополосных



Анализ влияния количества грузовых АТС на скорость потока.

Транспортные потоки моделируемого перекрестка



Режимы работы светофора моделируемого перекрёстка

Режим 1:

Режим 2:

Режим 3:

Режим 4:

Исследование пропускной способности перекрёстка в зависимости от длительности фаз светофора

- Длина дороги – 2000 метров
- Расстояние принудительного перестроения – 200 метров
- Грузовые АТС – 4% от общего количества
- Сетка расчёта – 30,45,60,75,90 секунд

Результаты моделирования

Фаза 1, сек	Фаза 2, сек	Фаза 3, сек	Фаза 4, сек	CPT
60	30	45	30	0.737
45	30	30	30	0.737
30	75	45	30	0.737
45	60	45	30	0.736
45	45	45	30	0.735
75	30	45	30	0.735
90	60	45	30	0.734
60	30	30	30	0.734
90	75	30	30	0.733
45	30	45	30	0.731
75	30	45	45	0.731
30	45	45	30	0.730
30	30	30	30	0.729
45	75	45	30	0.729
75	60	30	30	0.728
30	30	45	30	0.727
...	...	...	...	...
45	45	30	90	0.585
30	30	45	90	0.584
30	30	60	90	0.584
45	30	30	90	0.566
30	30	30	90	0.560

Исследование полученных результатов на устойчивость к колебаниям потоков.

Фаза 1	Фаза 2	Фаза 3	Фаза 4	Orig	p2-2	p3-5	p3+5	p4-5	p4+5
30	30	30	30	0.729	0.755	0.724	0.740	0.740	0.733
30	30	30	75	0.594	0.591	0.597	0.589	0.588	0.584
30	30	30	90	0.560	0.565	0.562	0.563	0.568	0.562
30	30	45	30	0.727	0.740	0.732	0.721	0.720	0.720
30	45	30	30	0.716	0.721	0.724	0.724	0.734	0.735
30	45	45	30	0.730	0.738	0.736	0.736	0.734	0.728
30	60	30	90	0.587	0.588	0.588	0.588	0.594	0.580
45	30	30	30	0.737	0.727	0.732	0.731	0.734	0.731
45	30	30	90	0.566	0.576	0.577	0.569	0.575	0.568
45	30	45	30	0.731	0.734	0.735	0.734	0.728	0.725
45	45	45	30	0.735	0.728	0.731	0.716	0.728	0.717
45	45	90	90	0.629	0.639	0.624	0.629	0.629	0.631
90	90	60	60	0.700	0.690	0.700	0.695	0.694	0.688

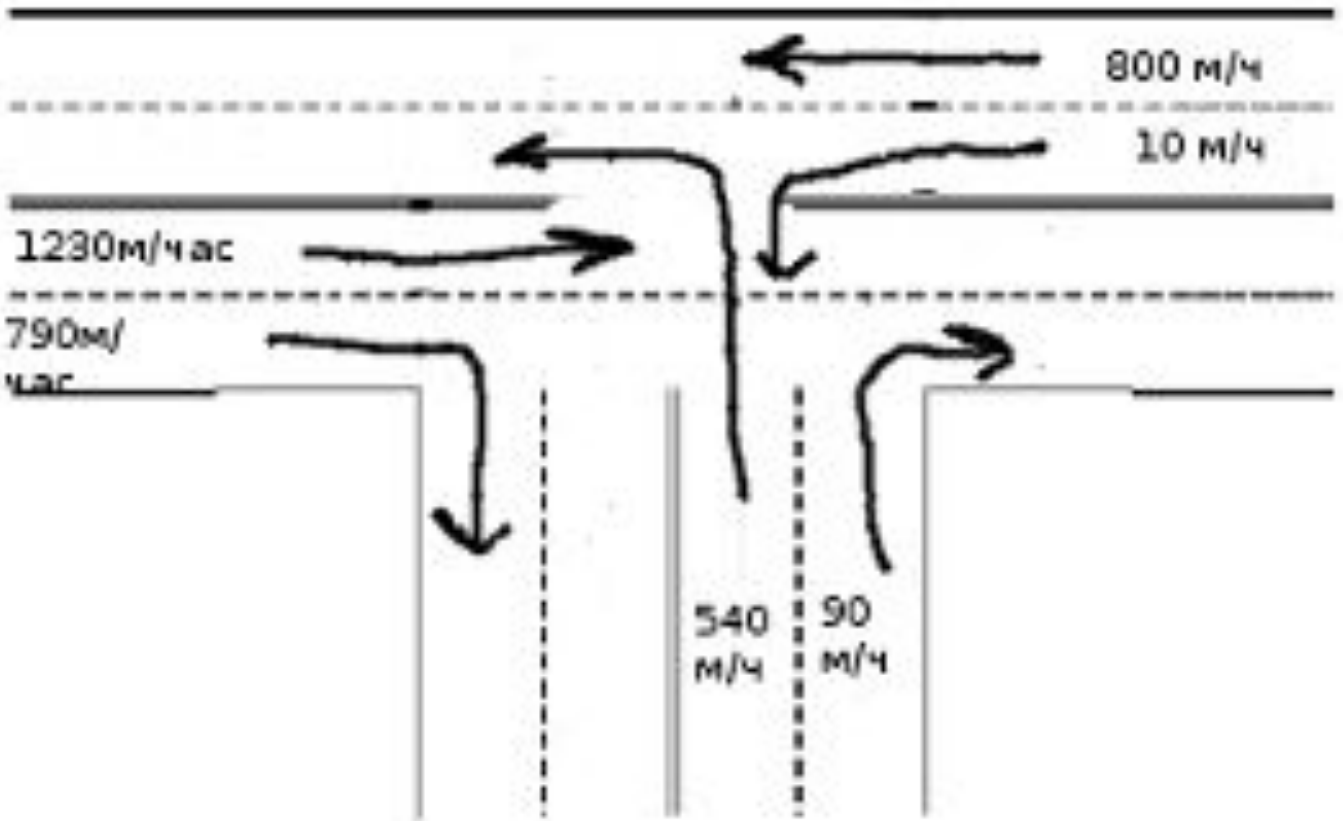
Схема фаз светофора Т-образного перекрёстка

Режим 1:

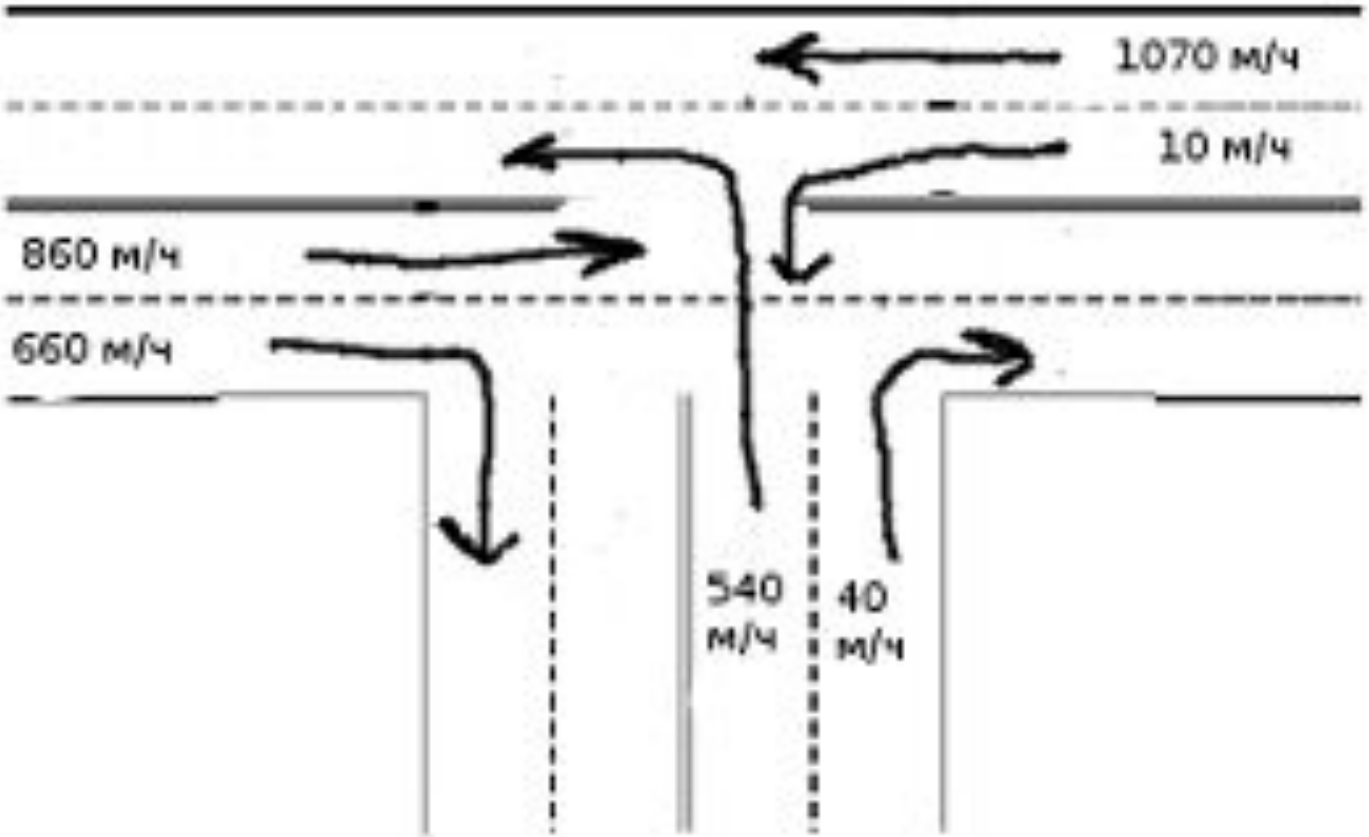
Режим 2:

Режим 3:

Интенсивность в утренние часы



Интенсивность в вечерние часы



Результаты моделирования

Фаза 1, сек	Фаза 2, сек	Фаза 3, сек	CPT
30	90	30	0.725
45	90	30	0.715
30	75	30	0.706
60	90	30	0.702
30	60	30	0.691
45	75	30	0.687
30	90	45	0.684
45	90	45	0.682
75	90	30	0.680
60	75	30	0.669
...	...	...	...
75	30	90	0.478
45	30	90	0.477
90	30	30	0.475
30	30	90	0.471

Пропускная способность перекрёстка, утренние часы.

Результаты моделирования

Фаза 1, сек	Фаза 2, сек	Фаза 3, сек	СРТ
30	90	30	0,775
30	75	30	0,770
45	90	30	0,769
60	90	30	0,758
30	60	30	0,755
45	75	30	0,746
45	90	45	0,740
30	90	45	0,739
45	60	30	0,730
60	75	30	0,730
...	...	...	...
90	30	75	0,505
90	30	60	0,504
90	30	45	0,492
90	30	30	0,488

Пропускная способность перекрёстка, вечерние часы

- Построена модель транспортной системы обобщающая существующую модель “разумного водителя” Трайбера
- Введены добавочные характеристики автомобилей, например, параметр цели, постоянный для каждого автомобиля.
- Просчитано оптимальное управление перекрестком с реальными входящими потоками и рассчитана устойчивость этого оптимального управления при небольших изменениях потоков.
- Решена задача о целесообразности запрета перестроения на многополосных потоках при достижении пороговой интенсивности потока.
- Изучено влияние количества грузовиков на транспортную картину.
- Построена картина фазового перехода при увеличении интенсивности входящего потока.
- Определено качественное и количественное влияние времени фаз светофора на транспортную ситуацию.

Спасибо за внимание!