

Интеллектуальное управление движением

Титоренко Арсений Викторович, гр. 522

Санкт-Петербургский государственный университет
Математико-механический факультет
Кафедра статистического моделирования

Научный руководитель: кандидат физико-математических
наук, доцент Пономарева А.Ю.

Рецензент: ассистент кафедры общей математики и
информатики Мосягина Е.Н.



Санкт-Петербург
2011г.

- ❶ Историческая справка и некоторые факты.
- ❷ Причины возникновения заторов:
 - неудовлетворительное, или не соответствующее текущим потребностям устройство дорог;
 - нарушение участниками дорожного движения правил и культуры движения;
 - неблагоприятные условия для движения, принуждающие водителей снижать скорость;
 - *Проблемы в организации движения.*
- ❸ Пути исследования и борьбы с заторами:
 - социальные;
 - экономические;
 - инженерные;
 - математические:
 - системы массового обслуживания;
 - метод целевого поиска;
 - теория нечеткой логики и нейронных сетей;
 - дискретные системы (?).

- Смоделировать движение автомобилей в отдельно взятой части мегаполиса.
- Разработать алгоритмы для светофоров, зависящих от длин очередей на перекрестке.
- Сравнить систему регулировки, описанную в пункте выше, и обычные светофоры, которые переключаются через равные промежутки времени.
- Предложить инфраструктуры, которые адекватно смогут отразить различные ситуации на дорогах.

Дальнейший план изложения:

1. Моделирование движения
2. Описание алгоритмов управления светофорами
3. Результаты моделирования

Постановка задачи. Некоторые допущения

- ❶ Всегда существует по две полосы движения в каждом направлении.
- ❷ Левая по ходу движения полоса всегда разрешает движение только прямо и налево, правая - прямо и направо.
- ❸ Все автомобили имеют одинаковую и постоянную скорость.
- ❹ Во время моделирования не меняется вероятность появления новых автомобилей в системе.
- ❺ Все автомобили имеют одинаковый размер.
- ❻ Автомобиль выбирает полосу движения только во время работы алгоритма выбора следующей дороги, перед перекрестком.
- ❼ Автомобиль определяет в какую точку ехать сразу, в момент появления.
- ❽ На каждом такте в каждой вершине может генерироваться только один автомобиль.
- ❾ Проезд не может быть затруднен ничем, кроме запрещающего сигнала светофора или затора.
- ❿ Светофоры на перекрестках никак не взаимодействуют друг с другом.

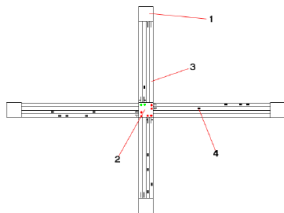
Классификация известных моделей:

① Макромодели:

- гидродинамические модели;
- модели второго порядка;
- модели основанные на кинетическом уравнении.

② Микромоделли:

- модели, основанные на детерминированном описании поведения частиц;
- кинетические модели, основанные на статистическом описании поведения большого ансамбля частиц;
- *ячеечные (или клеточные) автоматы* — дискретные модели, изучаемая в математике, теории вычислимости, физике, теоретической биологии и микромеханике. Клеточный автомат включает регулярную решетку ячеек, каждая из которых может находиться в одном из конечного множества состояний.



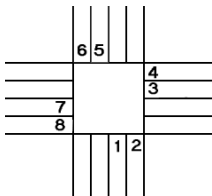
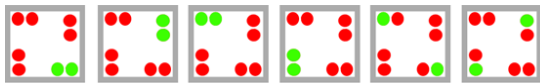
1. Точка входа-выхода автомобиля
2. Перекресток
3. Полоса движения
4. Автомобиль

Каждый такт выполняется следующая последовательность действий:

- ❶ Просматриваются все полосы движения по порядку.
Для первой машины в очереди *вызывается метод кратчайшего пути*.
- ❷ Для каждой точки входа-выхода работает генератор автомобиля с заданной в параметрах вероятностью.
- ❸ Работает алгоритм переключения светофоров для каждого перекрестка.
- ❹ В массив записывается статистика для исследований (длины очередей, среднее время ожидания автомобилей.)

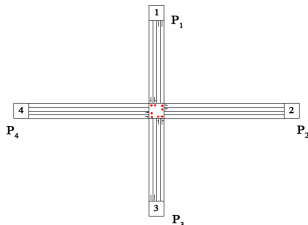
- После генерации автомобиля для него вызывается метод определения кратчайшего пути, результатом которого является следующая полоса движения. Метод сравнивает пути по суммарным длинам дорог.
- Если автомобиль уже вошел в систему, то перед каждым перекрестком вызывается этот же метод. Если дорога, которая оказалась следующей при вызове метода кратчайшего пути - занята, то автомобиль остается на месте в ожидании.
- Если полос движения после метода выбора кратчайшего пути оказывается несколько, то случайным образом, с одинаковыми вероятностями выбирается одна из них.

Алгоритмы переключения светофоров



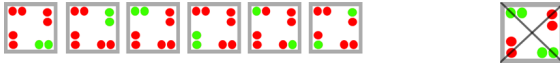
Номера на полосах движения соответствуют позициям в векторе, который подается на вход методу переключения светофоров.
 $(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8), a_i \in \mathbb{N}_0$.

Обычное переключение:

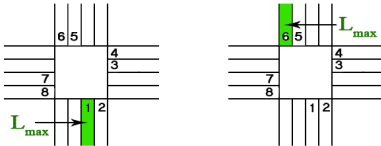


$(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$
 $(0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0)$
 $(0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0)$
 $(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$

Переключение в зависимости от количества машин в очереди

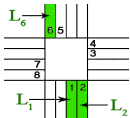


Переключение в зависимости от очереди - 1:



L_{max} - максимальная длина очереди

Переключение в зависимости от очереди - 2:

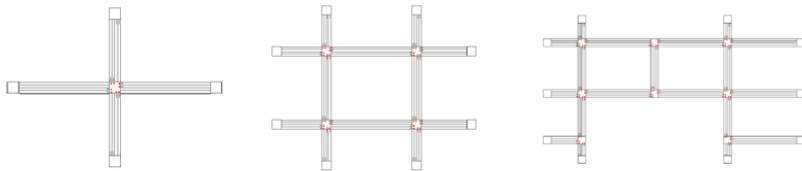


На вход методу переключения светофора передается

$(L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8,)$,

где L_i - длина очереди на соответствующей полосе движения

Инфраструктуры



Критерии сравнения:

- Среднее время ожидания в пути

$$\bar{T}_i = \frac{\bar{T}_{i-1}n_{i-1} + \frac{\sum_{m \in F(t_w)} t_w}{m_i}}{n_i},$$

где t_w время ожидания автомобиля, который на i -м такте покинул систему

- Суммарное количество машин в очередях

- Выборочная медиана

$$x_{(1)} \leq \dots \leq x_{(n)}$$

$$x_{(k)}, \text{ если } n = 2k + 1,$$

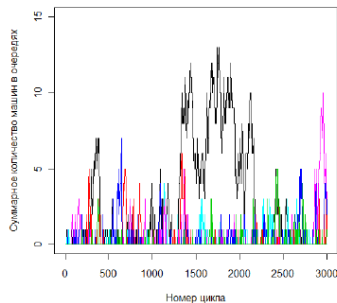
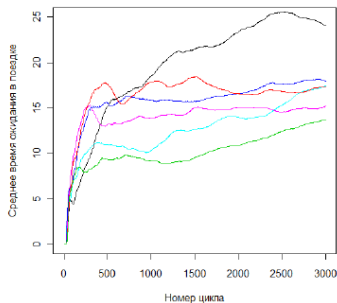
$$\frac{1}{2} \left(x_{(k)} + x_{(k+1)} \right), \text{ если } n = 2k.$$

Выборочная медиана будет обозначаться так \bar{M}_i , где i - это индекс алгоритма в порядке появления в предыдущей главе.

Одиночный перекресток.

Случай равновероятностной генерации автомобилей

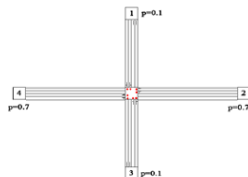
- Обычное переключение - по 1 такту с каждой стороны
- Обычное переключение - по 2 такта с каждой стороны
- Обычное переключение - по 3 такта с каждой стороны
- Обычное переключение - по 4 такта с каждой стороны
- Переключение в зависимости от очереди 1
- Переключение в зависимости от очереди 2



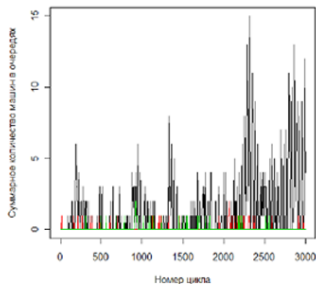
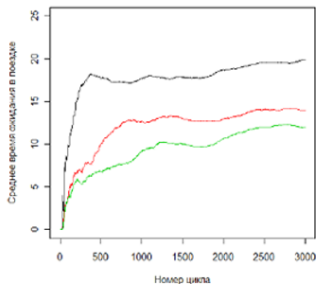
$$\bar{M}_1 = 1; \bar{M}_2 = 0; \bar{M}_3 = 0; \bar{M}_4 = 0; \bar{M}_5 = 0; \bar{M}_6 = 0;$$

Одиночный перекресток.

Разные вероятности генерации автомобилей



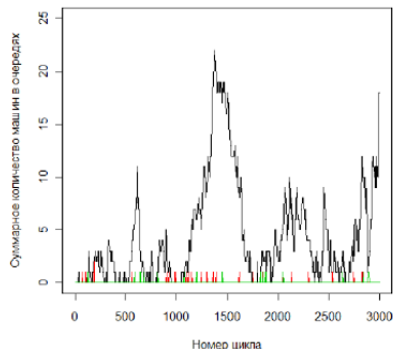
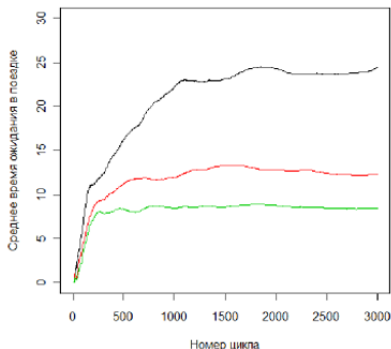
Распределение вероятностей в точках входа-выхода



$$\bar{M}_1 = 0; \bar{M}_2 = 0; \bar{M}_3 = 0;$$

Квартал из четырех перекрестков.

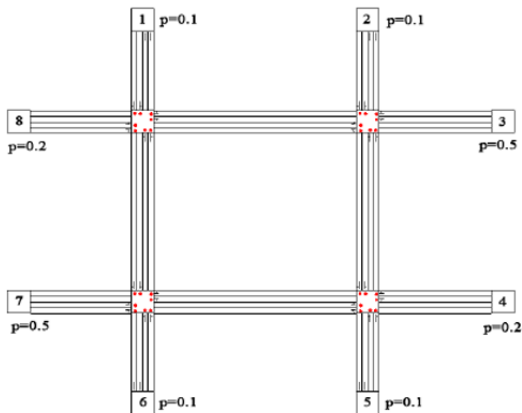
Случай равновероятностной генерации автомобилей



$$\bar{M}_1 = 5; \bar{M}_2 = 0; \bar{M}_3 = 0;$$

Квартал из четырех перекрестков.

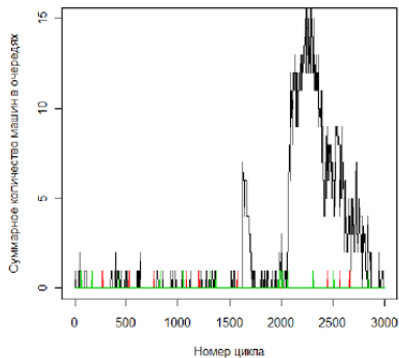
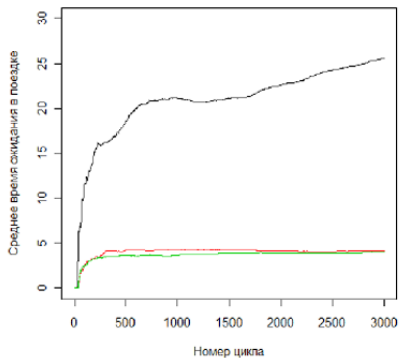
Разные вероятности генерации автомобилей



Распределение вероятностей в точках входа-выхода

Квартал из четырех перекрестков.

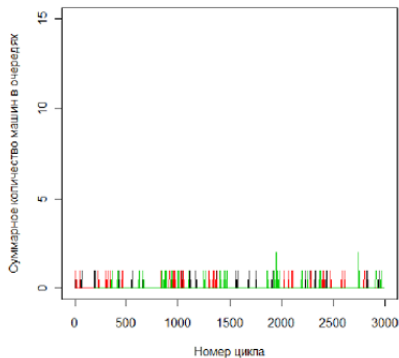
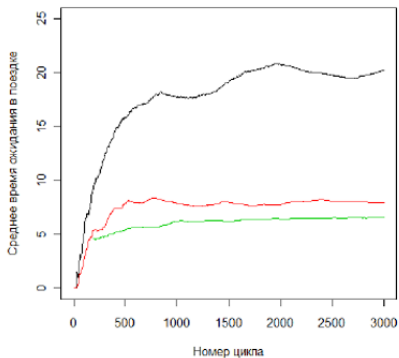
Разные вероятности генерации автомобилей



$$\bar{M}_1 = 0; \bar{M}_2 = 0; \bar{M}_3 = 0;$$

Сложная городская схема.

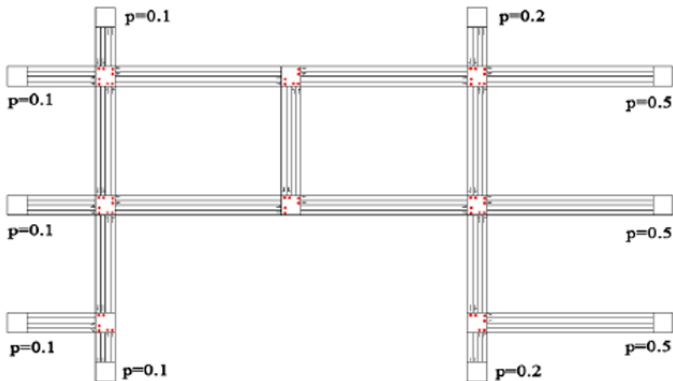
Случай равновероятностной генерации автомобилей



$$\bar{M}_1 = 0; \bar{M}_2 = 0; \bar{M}_3 = 0$$

Сложная городская схема.

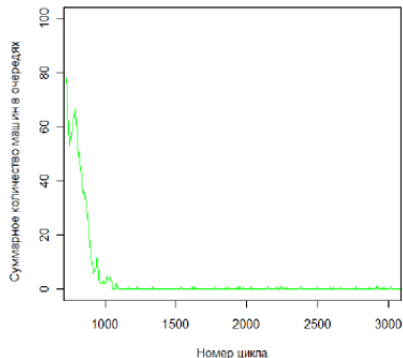
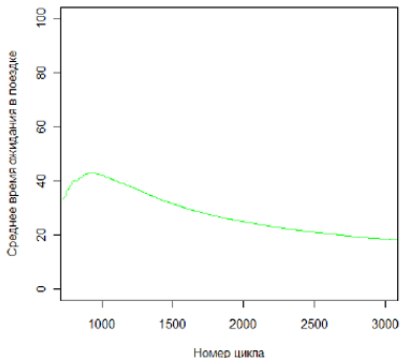
Случай уже существующих очередей



Распределение вероятностей в точках входа-выхода

Сложная городская схема.

Случай уже существующих очередей



- Изучена организация дорожного движения, методы борьбы с заторами и технологические вопросы этой области.
- Построена модель для имитации различных дорожных ситуаций.
- Разработаны и реализованы алгоритмы управления светофорами на перекрестках.
- Были выбраны три инфраструктуры для сравнения алгоритмов в зависимости от длины очередей с обычным переключением.
- В результате моделирования были получены данные для сравнения разных контроллеров светофоров по предложенным критериям в различных ситуациях.
- Результаты сравнения были представлены в виде графиков.
- Разработана система, в которой будет удобно уменьшать список допущений.