

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА В СРЕДЕ ANYLOGIC

Коледов Иван Максимович

студент Колледжа железнодорожного транспорта Уральского университета путей сообщения,
РФ, г. Екатеринбург

Подкорытов Александр Александрович

студент Колледжа железнодорожного транспорта Уральского университета путей сообщения,
РФ, г. Екатеринбург

Шевцов Александр Александрович

аспирант, преподаватель Колледжа железнодорожного транспорта Уральского университета
путей сообщения, РФ, г. Екатеринбург

Аннотация. Тема научной работы посвящена исследованию имитационной модели улично-дорожной сети города Екатеринбурга, с последующей оптимизацией светофорных объектов.

В работе учитываются геометрические особенности исследуемой улично-дорожной сети, а именно (радиус поворота, длина пути, геометрическая форма транспортного узла).

Для моделирования движения транспортных средств учитываются особенности поведения транспорта потоков, например: скорость транспортных средств, интенсивность, вероятность поворота транспортных средств на различные направления.

Ключевые слова: имитационное моделирование, конфликтные точки, оптимизация, улично-дорожная сеть, *anylogic*, *optquest*

Исследуемая улично-дорожная сеть является важным транспортным узлом города Екатеринбурга, т.к. соединяет крупные производственные, спальные и центральные районы города.

На данный момент времени УДС включает в себя несколько видов транспорта: рельсовый (трамвай), автомобильный (преимущественно легковые автомобили, а также автобусы, маршрутки), большой поток пешеходного трафика.

Модель УДС по Екатеринбургу состоит из следующих пересечений улиц: проспект Космонавтов – улиц Челюскинцев, Мамина – Сибиряка, Луначарского, Восточной, Смазчиков, как показано на рисунке 1 (рисунок сделан с помощью Яндекс карт).



Рисунок 1. Карта местности для имитационного исследования по городу Екатеринбургу

В имитационной модели города Екатеринбурга улично-дорожной сети автотранспортные средства обладают следующими геометрическими и скоростными характеристиками, характеристики демонстрирует таблица 1

Таблица 1.

Характеристика транспортного потока

параметр	Значение параметра	Единицы измерения
Длина	4	метр
Начальная скорость	60	км/ч
Предпочитаемая скорость	60	км/ч
Макс. ускорение	1,8	м/с ²
Макс. торможение	4,2	м/с ²

Определяем количество различных видов конфликтных точек, на перекрестке проспекта Космонавтов – улиц Челюскинцев, Мамина-Сибиряка

Для определения числа конфликтных точек использовали формулу (1).

$$m=n_0+3\cdot n_c+5\cdot n_n \quad (1)$$

где, p_0 – количество точек по типа «Отклонение»;

p_c – количество точек по типа «Слияние»;

p_n – количество точек по типа «Пересечение»;

Сначала определим количество конфликтных точек каждого типа.

Количество конфликтных точек на перекрёстке проспекта Космонавтов – улиц Челюскинцев, Мамина-Сибиряка демонстрирует рисунок 2; красным цветом обозначены точки пересечения, зеленым цветом отклонение, черным цветом слияние. Для пересечения улиц Челюскинцев – Восточной показывает рисунок 3.



Рисунок 2. Количество конфликтных точек на проспекте Космонавтов -улиц Челюскинцев, Мамина-Сибиряка

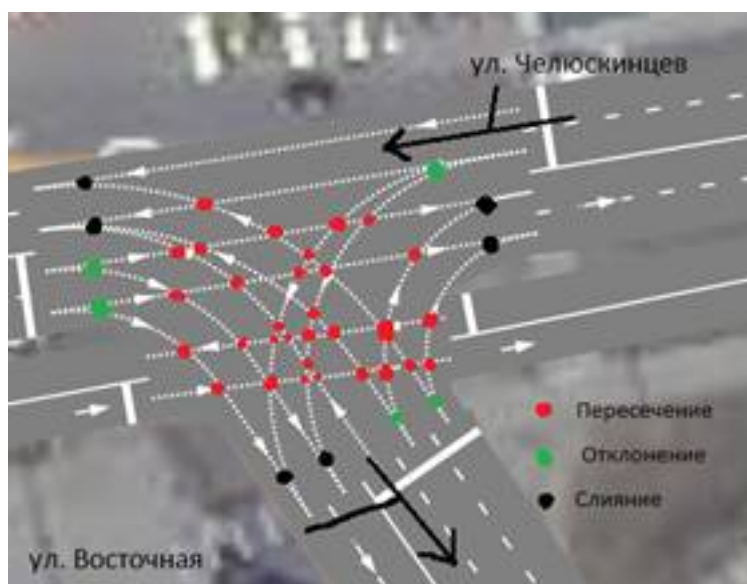


Рисунок 3. Количество конфликтных точек улиц Челюскинцев – Восточной

В таблице 2 приведены количество точек каждого типа на пересечении улиц: пр. Космонавтов – улиц Челюскинцев, Мамина – Сибиряка (рисунок 2) и улиц Челюскинцев, Восточной (рисунок 3).

Таблица 2.

Количество конфликтных точек

Название улицы	Тип конфликтных точек	Количество конфлик
проспекта Космонавтов – ул. Челюскинцев – ул. Мамина-Сибиряка	Слияние	12
	Отклонение	13
	Пересечение	65
ул. Челюскинцев – ул. Восточная	Слияние	6
	Отклонение	5
	Пересечение	31

Оценка сложности участков приведена в таблице 3 с указанием уровня сложности организации движения на перекрестках соответствующих УДС.

Таблица 3.

Оценка сложности перекрестков

Название улицы	Общее количество кон. точек	Уровень сложности
проспекта Космонавтов – улиц Челюскинцев, Мамина-Сибиряка	374	Участок является оче
улиц Челюскинцев, Восточной	178	Участок является оче

Интерфейс управления УДС представлен на рисунках 4 и 5, 6 и состоит из следующих управляемых значений (окна ввода): изменение интенсивности транспортных средств, в час (на 5-ти направлениях), изменение длительности разрешающих и запрещающих сигналов светофора.

город Екатеринбург ,
перекресток улицы Космонавтов-Челюскинцев-Восточная- Мамина_Сибиряка-Смазчиков.



Поток машин с направления 0, машин в час: 30

Поток машин с направления 1, машин в час: 200

Поток машин с направления 2, машин в час: 1000

Поток машин с направления 3, машин в час: 400

Поток машин с направления 4, машин в час: 400

Интервалы работы светофора перекресток 1, сек.

красный	32.0
зеленый	42.0

Интервалы работы светофора перекресток 2, сек.

красный	33.0
зеленый	64.0

Интервалы работы светофора перекресток 3, сек.

красный	42.0
зеленый	60.0

Рисунок 4. Интерфейс управления имитационной моделью

Первоначальные данные интенсивности и плотности движения следующие:

Поток машин с направления 0: 30 авт./ч.

Поток машин с направления 1: 200 авт./ч.

Поток машин с направления 2: 1000 авт./ч.

Поток машин с направления 3: 400 авт./ч.

Поток машин с направления 4: 400 авт./ч.

Интервалы работы светофоров соответствуют следующим значениям:

Интервалы работы светофора на перекрестке 1: зеленый свет, длительность 42 секунды, красный 32 секунды.

Интервалы работы светофора на перекрестке 2: зеленый свет, длительность 84 секунды, красный 33 секунды

Интервалы работы светофора на перекрестке 3: зеленый свет, длительность 60 секунды, красный 42 секунды

Результаты работы имитационной модели представлены на рисунках 5, 6.



Рисунок 5. Имитационная модель (вид сверху)



Рисунок 6. Имитационная модель (вид с камеры)

Имитационная модель адекватно работает, общественный транспорт, а именно автобусы, трамваи осуществляют выгрузку и посадку пассажиров. Легковой и средний транспорт осуществляют движение согласно заданным вероятностям. Датчики определяют количество ТС по направлениям. Светофоры осуществляют контроль трафиков.

Для осуществления оптимизации будет использоваться программа *OptQuest*.

Внешний вид интерфейса программы оптимизатора представлен на рисунке 7.

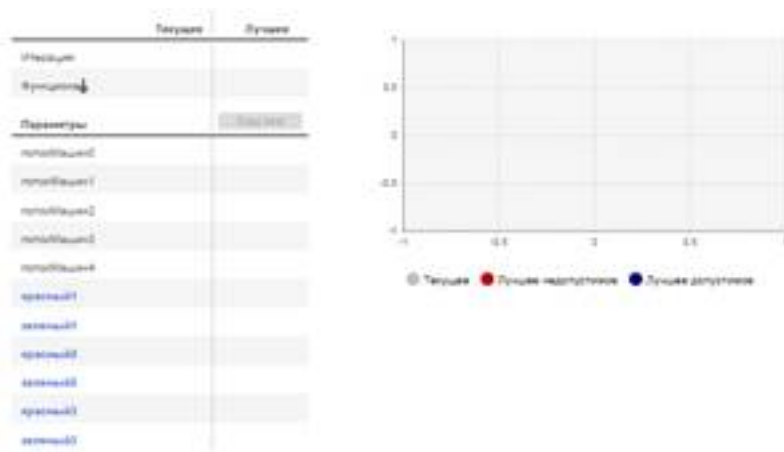


Рисунок 7. Внешний вид программы

Основные параметры оптимизации указаны в таблице 4. Количество итераций 500.

Таблица 4.

Параметры оптимизации

Параметр	Тип	Значение		
		Мин.	Макс.	
ПотокМашино0	фиксированный	30	–	
ПотокМашино1	фиксированный	200	–	
ПотокМашино2	фиксированный	1000	–	
ПотокМашино3	фиксированный	400	–	
ПотокМашино4	фиксированный	400	–	
Красный1	дискретный	20	60	
Зеленый1	дискретный	20	120	
Красный2	дискретный	20	60	
Зеленый2	дискретный	20	120	
Красный3	дискретный	20	60	
Зеленый13	дискретный	20	120	

Результат работы программы представлен на рисунках 8, 9.

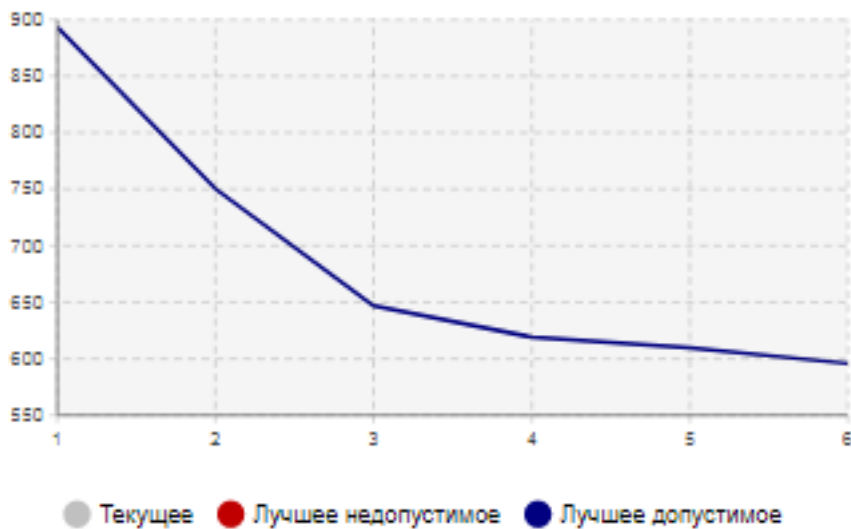


Рисунок 8. Начальный этап оптимизации

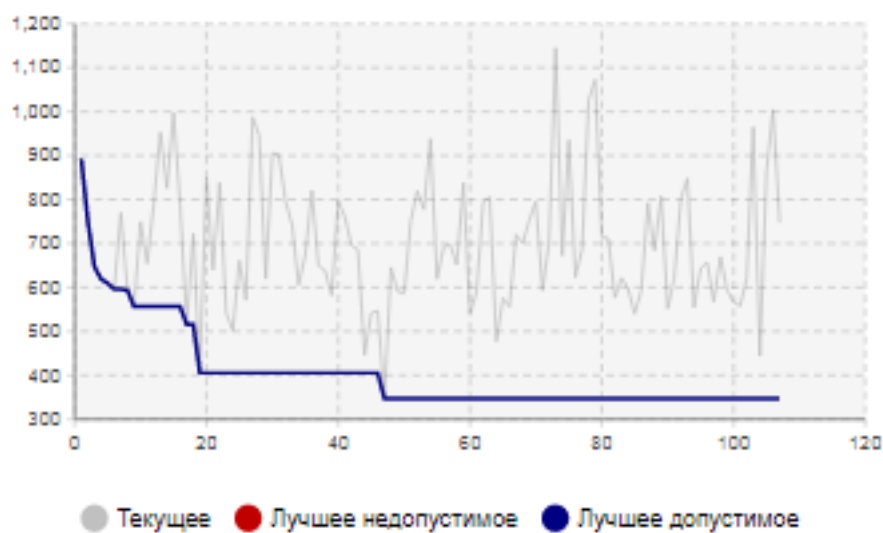


Рисунок 9. Завершающий этап оптимизации

Результатами являются оптимизированные значения длительности красного (запрещающего) и зеленого (разрешающего) сигналов светофора, также в таблицах 5 и 6 приведены дополнительные данные показывающие работу оптимизатора.

Таблица 5.

Результаты работы оптимизатора

События в секунду	36,841
Кадров в секунду	60
Шаг	47,591

Реальная длительность выполнения эксперимента	1122,29
---	---------

Таблица 6.

Оптимальные значения длительности фаз

Наименование параметра	Текущее	Лучшее
Итерация	107	48
Функционал	741,195	347,283
Красный1	32	57
Зеленый1	24	55
Красный2	58	51
Зеленый2	41	110
Красный3	59	34
Зеленый3	20	54

Применим полученные результаты на имитационной модели, и определим пропускную способность.

Добавим в окна ввода полученные во время эксперимента данные, как показано на рисунках 10 и 11.

Осуществим анализ полученных с датчиков результатов.

Поток машин не изменялся, вероятности поворотов также не изменялись.

Интервалы работы светофора
перекресток 1, сек.

красный

57

зеленый

55

Интервалы работы светофора
перекресток 2, сек.

красный

51

зеленый

110

Интервалы работы светофора
перекресток 3, сек.

красный

34

зеленый

54

Рисунок 10. Ввод полученных данных



Рисунок 11. Завершение имитационного моделирования

Всего затрачено 3600 секунд имитационного времени. Результат во время применения оптимизационных значений по направления 2 прошло 525 автомашин в час, в предыдущем опыте 500 автомашин в час. Вывод количество пропускаемых машин в час увеличилось на 25 автомашин в час.

Список литературы:

1. Алиев А. С., Стрельников А. И., Швецов В. И., Шершевский Ю. З., Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к московской агломерации, Автомат. и телемех., 2005, № 11, 113-125; Autom. Remote Control, 66:11 (2005), 1805-1815
2. Бобрик П. П. Сравнение эффективностей треугольной и квадратичной регулярных транспортных сетей // Транспорт: наука, техника, управление. М.: Изд-во ВИНТИ, 2000. № 7.
3. Быков Е.А., Аксенов К.А., Антонова А.С. Аналитический обзор средств и методов для планирования имитационного эксперимента и синтеза мультиагентных процессов преобразования ресурсов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.;
4. Гасников А. В., Кленов С. Л., Нурминский Е. А., Введение в математическое моделирование транспортных потоков. Учебное пособие / Издание 2-е, испр. и доп. А. В. Гасников и др. Под ред. А. В. Гасникова. — М.: МЦНМО, 2013
5. Завалишин Д. С., Тимофеева Г. А., Обзор математических методов описывающих движения транспортных потоков / Екатеринбург 2011
6. Смирнов Н. Н., Киселев А. Б., Никитин В. Ф., Математическое моделирование движения автотранспортных потоков методами механики сплошной среды. Двухполосный транспортный

поток: модель Т-образного перекрестка, исследование влияния перестроений транспортных средств на пропускную способность участка магистрали // Труды МФТИ (специальный выпуск, посвященный математическому моделированию транспортных потоков) / Под ред. акад. В. В. Козлова. 2010. Т. 2, № 4(8). С. 141 –151.

7. Тимофеева Г.А., Шевцов А.А. Система согласованного управления транспортными потоками на сложном перекрестке // Вестник УрГУПС, №4(44), 2019.

8. Швецов В. И. Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к московской агломерации