

**ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЧАСТИ ДОРОЖНОЙ СЕТИ
КАК ИНСТРУМЕНТ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА СВЕТОФОРА**

Е.А. Дятленко

lenka.squirrel.dea@gmail.com

SPIN-код: 8985-7209

Г.В. Тураев

glebtur98@mail.ru

SPIN-код: 2413-5356

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Построена имитационная модель участка дорожной сети города Люберцы и проведен анализ пропускной способности регулируемых перекрестков и дорог в целом в зависимости от режимов. При использовании данных о степени загруженности улиц по времени суток в будние дни удалось найти оптимальное время работы фаз светофоров, тем самым минимизировав заторы или убрав их вовсе. Также данная модель может быть использована для моделирования ситуаций повышенного трафика, например, в таких случаях, как перекрытие или ремонт соседних дорог. Для этого во входных данных модели необходимо будет учесть вероятный прирост числа автомобилей.

Ключевые слова

Имитационное моделирование, дорожная сеть, перекресток, фаза светофора, дорожное движение, пропускная способность, светофор, пробки, поток автомобилей

Поступила в редакцию 18.06.2021

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

Решение проблемы автомобильных пробок на дорогах всегда остается актуальным, ведь количество автомобилей с каждым годом только растет. Возникновение пробок происходит по различным причинам, к которым можно отнести плохое качество дорог, автомобильные аварии, некорректную работу светофоров и др. [1].

В многонаселенных городах вопрос устранения пробок стоит крайне остро. Основным решением автомобильных пробок является *строительство новых дорог и многоуровневых развязок*, но данный способ решения проблемы очень дорогой и во многих случаях сложен в исполнении по причине отсутствия территории для строительства новых объектов.

Другой способ уменьшения загруженности дорог — это правильная *планировка города*, а именно продуманное размещение торговых центров, городских жилых высоток, бизнес-центров и других объектов высокой посещаемости. Но данный способ устранения автомобильных пробок актуален только на стадии строительства новых городов, что сейчас и учитывается при проектировании городов будущего.

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) зачастую служат причиной образования многочасовых пробок, быстрое устранение последствий ДТП явля-

ется решением данной проблемы, за которое отвечают городские службы. *Дорожные работы* также напрямую зависят от оперативности действий данных служб.

В крупных городах, таких как Москва, основной упор решения проблемы автомобильных пробок делается на развитии *общественного транспорта* и построении *перехватывающих парковок*, что, безусловно, является одним из самых действенных решений, но лишает удобства и комфорта автомобилей.

Именно по этим причинам в статье предложен способ уменьшения продолжительности автомобильных пробок путем оптимизации длительности фаз светофоров. С экономической точки зрения для данного решения необходим минимум затрат, а также немного времени на внедрение.

В статье была поставлена задача смоделировать транспортный поток на регулируемых перекрестках центральной части города Люберцы. Данные участки дорожной сети наиболее загружены, поэтому была поставлена цель оптимизировать переключение светофоров на рассматриваемых перекрестках с помощью динамического изменения длительности фаз светофоров.

Для решения поставленной задачи необходимо построить имитационную модель участка дорожной сети города Люберцы в среде моделирования AnyLogic версии 8.7.4 Personal Learning Edition и провести анализ пропускной способности регулируемых перекрестков и дорог в целом в зависимости от режимов [2, 3].



Рис. 1. Изображение дорожной сети, полученное со спутника

Рассматриваемая в статье дорожная сеть состоит из пересечения следующих улиц, оборудованных светофорами (рис. 1 и 2):

- Октябрьский проспект со Смирновской улицей;
- Октябрьский проспект с Красной улицей;
- Октябрьский проспект с Комсомольской улицей.

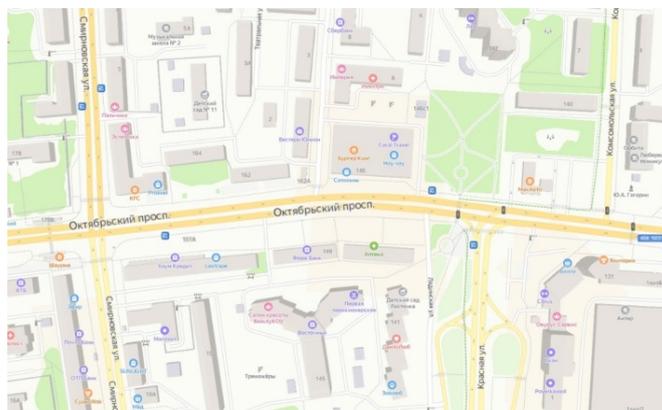


Рис. 2. Схема дорожной сети

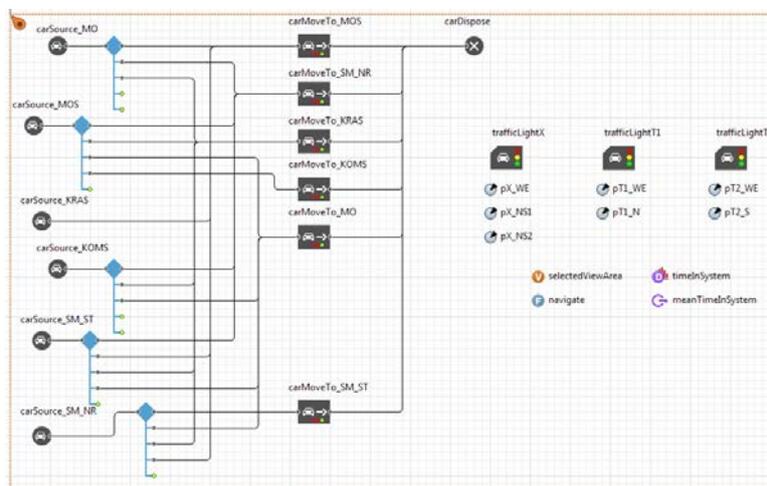


Рис. 3. Модель дорожной сети

Для начала анализа необходимо построить потоковую диаграмму модели с использованием блоков библиотек дорожного движения [4]. Данная модель (рис. 3) состоит из таких элементов, как:

carSource — блок, в котором создаются автомобили для рассматриваемого участка дорожной сети;

SelectOutput5 — блок, который направляет входящих агентов (в данном случае — автомобили) в один из пяти выходных портов в зависимости от выполнения заданных (заданных с помощью вероятностей) условий;

carMoveTo — блок, отвечающий за маршрут автомобилей по смоделированному участку дорожной сети;

carDispose — блок, в котором входящие агенты (автомобили) удаляются из моделирования после прохождения своего пути;

trafficLight — блок, отвечающий за моделирование светофора, где устанавливается его режим работы для регулирования пропускной способности перекрестка.

Рабочая схема моделирования примечательна тем, что пользователь может изменять время динамически, т. е. во время работы имитационной модели (на рис. 4 она показана в виде ползунка). Такую возможность дает переменная, отвечающая за время работы светофора, что значительно экономит время при нахождении оптимальной работы светофоров [5].

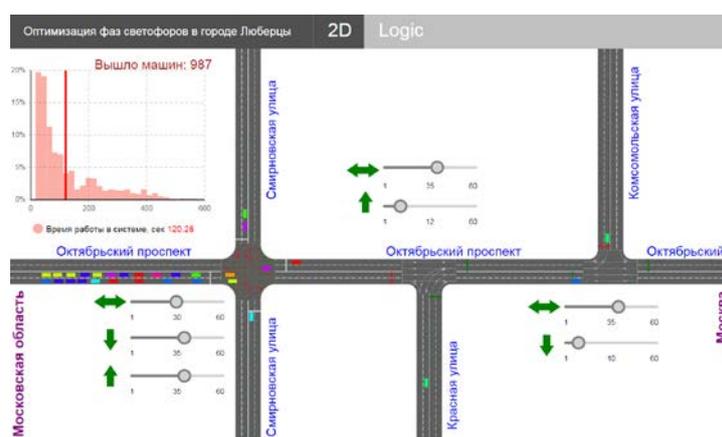


Рис. 4. Рабочая схема моделирования

Поскольку основной поток автомобилей движется в сторону Москвы и Московской области, вероятность, которая задается в блоке `selectOutput5`, будет выше (0,45), чем на прилегающих улицах (0,2 и 0,3 в зависимости от улицы) [6–9].

При подготовке модели были проанализированы данные открытых источников о средней (*i*-й) нагрузке на участке дороги. Также из статистики сервиса «Яндекс. Карты» были взяты данные о степени загруженности улиц по времени суток в будние дни. Результаты анализа сведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Время работы светофоров в будние дни

Сутки	Время	Интенсивность движения, авто/ч						Время переключения светофоров по будням, с						
		П1	П2	П3	П4	П5	П6	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	3.1	3.2
День	06:00–08:00	3000	300	1500	200	1300	1700	40	26	13	44	16	40	10
	08:00–10:00	2000	1000	1700	400	1200	1800	44	24	10	30	10	35	13
	10:00–12:00	1750	1250	1200	300	900	1500	43	13	7	46	10	40	8
	12:00–14:00	1500	1500	900	200	800	1200	43	13	7	46	13	40	8
	14:00–16:00	1500	1500	900	200	700	1000	45	13	7	46	13	40	8
	16:00–18:00	1000	2000	900	300	800	1000	40	13	7	40	10	32	8
	18:00–20:00	700	3000	1500	500	1300	1700	40	13	7	40	10	32	8
Ночь	20:00–22:00	500	2250	1200	300	1200	1200	40	17	10	40	20	32	10
	22:00–00:00	500	900	500	200	700	900	33	18	11	40	15	40	8
	00:00–02:00	200	700	200	200	300	500	30	25	10	25	11	20	6
	02:00–04:00	300	500	200	100	200	300	30	20	8	38	10	30	6
	04:00–06:00	700	300	100	100	100	100	45	8	8	45	8	45	8

Расшифровка сокращений

Сокращение	Описание
П1	Поток 1. Движение автомобилей по Октябрьскому проспекту в Москву
П2	Поток 2. Движение автомобилей по Октябрьскому проспекту из Москвы
П3	Поток 3. Движение автомобилей по ул. Красная
П4	Поток 4. Движение автомобилей по ул. Комсомольская
П5	Поток 5. Движение автомобилей по ул. Смирновская (снизу вверх)
П6	Поток 6. движение автомобилей по ул. Смирновская (сверху вниз)
1.1	Светофор Октябрьского проспекта с пересечением ул. Смирновская
1.2	Светофор ул. Смирновская (сверху) с пересечением Октябрьского проспекта
1.3	Светофор ул. Смирновская (снизу) с пересечением Октябрьского проспекта
2.1	Светофор Октябрьского проспекта с пересечением ул. Красная
2.2	Светофор ул. Красной с пересечением Октябрьского проспекта
3.1	Светофор Октябрьского проспекта с пересечением ул. Комсомольская
3.2	Светофор ул. Комсомольская с пересечением Октябрьского проспекта

Зависимость длительности фаз светофоров от трафика и времени суток представлена на рис. 5–8 [10]. Как результат, в дневное время суток приоритет работы фаз светофоров остается за светофорами, работающими для Октябрьского проспекта — вылетной магистрали. Ночью фазы светофоров приблизительно одинаковы, так как потоки автомобилей не сильно различаются между собой.

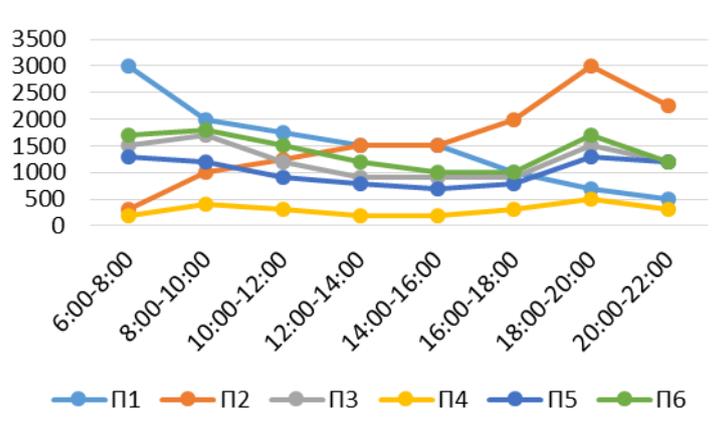


Рис. 5. Зависимость потоков машин от времени суток днем

Данная модель может быть использована не только для оптимизации фаз светофоров в обычное время, но и для моделирования ситуаций повышенного трафика, например, в случаях перекрытия или ремонтов соседних дорог. Для этого во входных данных модели необходимо учесть вероятный прирост автомобилей.

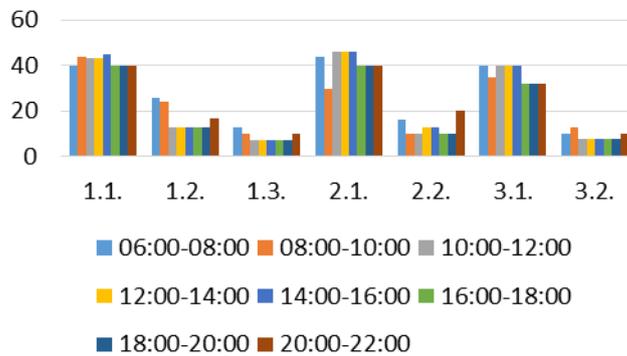


Рис. 6. Зависимость фаз светофоров в секундах от времени суток днем

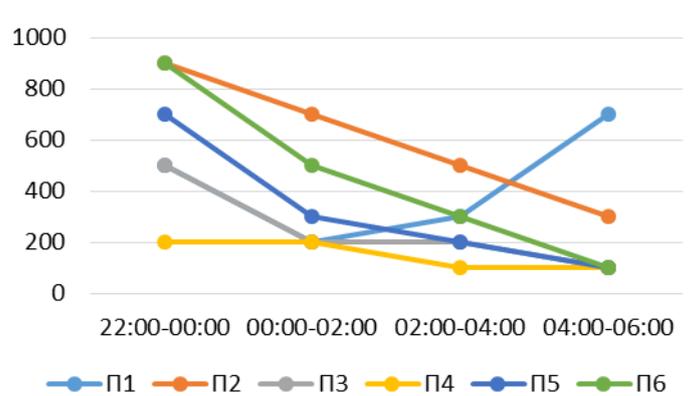


Рис. 7. Зависимость потоков машин от времени суток ночью

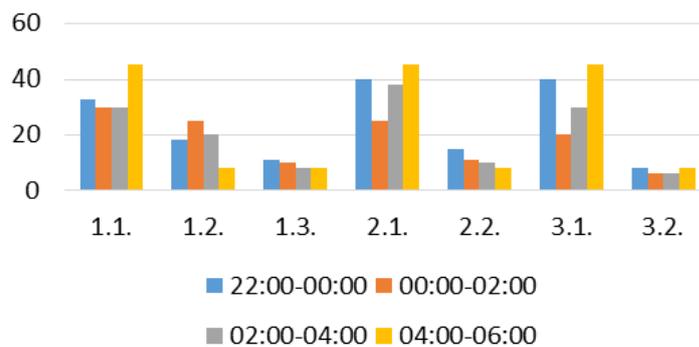


Рис. 8. Зависимость фаз светофоров в секундах от времени суток ночью

Мы как жители данного города надеемся, что в будущем фазы светофоров данного участка будут оптимизированы и езда по данному участку станет комфортной и удобной для всех водителей. Вопрос об оптимизации может быть снят при условии строительства над дорогой эстакады, которая позволит разгрузить основную улицу (Октябрьский проспект) и, следовательно, минимизировать заторы.

Построенная имитационная модель сети максимально приближена к реальной системе. Увеличение числа автомобилей привело к появлению пробок на дорогах. Наиболее тяжелая ситуация на дорогах складывается в час пик. Создание подобных имитационных моделей дорожной сети должно в будущем помогать выявлять оптимальные пути решения транспортных проблем.

Таким образом, модель позволяет изучать различные ситуации на дороге и выбирать эффективные пути решения проблем, а также оперативно решать задачи возникновения пробок и их устранения в дорожных сетях.

Литература

- [1] 8 способов победить пробки. *zr.ru: веб-сайт*. URL: <https://www.zr.ru/content/articles/907199-8-sposobov-pobedit-dorozhnye-z/> (дата обращения: 06.05.2021).
- [2] О системе справочной документации AnyLogic. *help.anylogic.ru: веб-сайт* URL: <https://help.anylogic.ru/index.jsp> (дата обращения: 06.05.2021).
- [3] AnyLogic: веб-сайт. URL: <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения 25.04.2021)
- [4] Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении. М., Дело, 2015.
- [5] Боев В.Д. Компьютерное моделирование. СПб., ВАС, 2014.
- [6] Киселева М.В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic. Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2009.
- [7] Лимановская О.В., Алферьева Т.И. Моделирование производственных процессов в AnyLogic 8.1. Екатеринбург, Изд-во УрФУ, 2019.
- [8] Боев В.Д., Кирик Д.И., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. СПб., ВАС, 2011.
- [9] Григорьев И. AnyLogic за три дня. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-grigoriev-anylogic.pdf> (дата обращения: 06.05.2021).
- [10] Лимановская О.В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. Екатеринбург, Изд-во УрФУ, 2017.

Дятленко Елена Александровна — студентка кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Тураев Глеб Вадимович — студент кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Спиридонов Сергей Борисович, доцент кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Дятленко Е.А., Тураев Г.В. Построение имитационной модели части дорожной сети как инструмент поиска оптимального режима светофора. *Политехнический молодежный журнал*, 2021, № 06(59). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-06-711>

CONSTRUCTION OF A SIMULATION MODEL OF A PART OF THE ROAD NETWORK AS A TOOL FOR FINDING THE OPTIMAL TRAFFIC LIGHT MODE

E.A. Dyatlenko

lenka.squirrel.dea@gmail.com

SPIN-code: 8985-7209

G.V. Turaev

glebtur98@mail.ru

SPIN-code: 2413-5356

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

A simulation model of a section of the road network of the Lyubertsy town was developed and an analysis of the throughput of regulated crossroads and roads in general, depending on the modes, was carried out. It has become possible to find the optimal operating time of the traffic light phases, thereby minimizing congestion or removing them altogether by using data about the degree of traffic congestion by time on weekdays. In addition, this model can be used to simulate high traffic situations, for example, in such cases as blocking or repairing adjacent roads. For this purpose in the input data of the model it will be necessary to take into account the probable increase in the number of cars.

Keywords

Simulation, road network, cross-roads, traffic light phase, road traffic, traffic capacity, traffic light, traffic jams, traffic flow

Received 18.06.2021

© Bauman Moscow State Technical University, 2021

References

- [1] 8 sposobov pobedit' probki [8 ways to defeat traffic jams]. *zr.ru: website* (in Russ.). URL: <https://www.zr.ru/content/articles/907199-8-sposobov-pobedit-dorozhnye-z/> (accessed: 06.05.2021).
- [2] O sisteme spravochnoy dokumentatsii AnyLogic [About AnyLogic – reference documentation system]. *help.anylogic.ru: website* (in Russ.). URL: <https://help.anylogic.ru/index.jsp> (accessed: 06.05.2021).
- [3] AnyLogic: website (in Russ.). URL: <https://www.anylogic.ru/> (accessed 25.04.2021).
- [4] Katalevskiy D.Yu. Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii [Fundamentals of imitation modeling and system analysis in management]. Moscow, Delo Publ., 2015 (in Russ.).
- [5] Boev V.D. Komp'yuternoe modelirovanie [Computer simulation]. Sankt-Petersburg, VAS Publ., 2014 (in Russ.).
- [6] Kiseleva M.V. Imitatsionnoe modelirovanie sistem v srede AnyLogic [Imitation system modeling in AnyLogic]. Ekaterinburg, UGTU-UI Publ., 2009 (in Russ.).
- [7] Limanovskaya O.V., Alfer'yeva T.I. Modelirovanie proizvodstvennykh protsessov v AnyLogic 8.1 [Modeling of production processes with AnyLogic 8.1]. Ekaterinburg, Izdvo UrFU Publ., 2019 (in Russ.).
- [8] Boev V.D., Kirik D.I., Sypchenko R.P. Komp'yuternoe modelirovanie [Computer simulation]. Sankt-Petersburg, VAS Publ., 2011 (in Russ.).

- [9] Grigor'yev I. AnyLogic za tri dnya [AnyLogic in three days] (in Russ.). URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-uch-posob-grigoriev-anylogic.pdf> (accessed: 06.05.2021).
- [10] Limanovskaya O.V. Imitatsionnoe modelirovanie v AnyLogic 7 [Imitation modeling with AnyLogic 7]. Ekaterinburg, Izd-vo UrFU Publ., 2017 (in Russ.).

Dyatlenko E.A. — Student, Department of Information Processing systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Turaev G.V. — Student, Department of Information Processing systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Spiridonov S.B., Assoc. Professor, Department of Information Processing systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Dyatlenko E.A., Turaev G.V. Construction of a simulation model of a part of the road network as a tool for finding the optimal traffic light mode. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2021, no. 06(59). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2021-06-711.html> (in Russ.).