

Научная статья

УДК 519.876.5:656+004.94

doi: 10.34822/1999-7604-2022-4-23-28

ЭЛЕМЕНТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВОПРОСАХ ОПТИМИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Наталья Сергеевна Веремчук

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск, Россия

n-veremchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2709-9755>

Аннотация. Представлена разработка методами агентного и дискретно-событийного моделирования имитационной модели элемента дорожной сети, состоящего из двух смежных перекрестков города Омска, для анализа движения транспортных средств, прогнозирования транспортных потоков и разработки мер по оптимизации дорожного трафика. По результатам вычислительных экспериментов исследования транспортных потоков на выбранном участке дорожной сети с целью улучшения ее функционирования предложена оптимальная схема проезда перекрестков транспортными средствами за счет изменения длительности фаз светофоров.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, дорожная сеть, имитационная модель, оптимизационный эксперимент

Для цитирования: Веремчук Н. С. Элементы имитационного моделирования в вопросах оптимизации дорожного движения // Вестник кибернетики. 2022. № 4 (48). С. 23–28. DOI 10.34822/1999-7604-2022-4-23-28.

Original article

ELEMENTS OF SIMULATION MODELING IN ISSUES OF TRAFFIC OPTIMIZATION

Natalya S. Veremchuk

The Siberian State Automobile and Highway University, Omsk, Russia

n-veremchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2709-9755>

Abstract. The study presents the development of a simulation model for an element of the road network that consists of two adjacent intersections in Omsk using agent-based and discrete-event modeling in order to analyze traffic, forecast traffic, and propose traffic optimization measures. Based on the traffic calculations aimed at improving functionality of the selected element of the road network, an efficient scheme for traffic flows is proposed by changing the duration of traffic light phases.

Keywords: discrete-event modeling, road network, simulation model, optimization experiment

For citation: Veremchuk N. S. Elements of Simulation Modeling in Issues of Traffic Optimization // Proceedings in Cybernetics. 2022. No. 4 (48). P. 23–28. DOI 10.34822/1999-7604-2022-4-23-28.

ВВЕДЕНИЕ

В век информационных технологий прогнозирование приобрело всеобщую значимость и находит применение во многих отраслях — в торговле, медицине, инженерии. В последние годы в прогнозировании активно применяется моделирование, которое позволяет проверить эффективность решения

до его реализации без риска потери времени, финансов и угрозы жизни людей [1].

Средствами имитационного моделирования осуществляется воспроизведение работы изучаемой системы или процесса во времени при различных режимах функционирования [2, 3]. Это удобный инструмент для анализа, поскольку обладает такими качествами,

как наглядность, простота для понимания и проверки. Имитационное моделирование помогает найти оптимальные решения в разных областях производства и науки, а также позволяет получить более четкое представление о сложных системах [4]. Имитационные модели широко используются в процессах проектирования сложных многофункциональных систем, и применение имитационного подхода возможно в любой сфере человеческой деятельности [2–8].

Плюсом имитационного моделирования в отличие от других методов является возможность проверки и анализа модели в действии и внесения в создаваемую модель изменений в процессе ее разработки.

Пакет AnyLogic – это профессиональная отечественная система имитационного моделирования, предназначенная для построения и анализа различного типа моделей [1, 2].

В данной работе в среде AnyLogic с применением агентного и дискретно-событийного моделирования построена имитационная модель двух перекрестков города Омска, проведены эксперименты по анализу и прогнозированию транспортных потоков на выбранном участке дорожной сети, предложена оптимизация схемы проезда перекрестков транспортными средствами за счет изменения длительности фаз светофоров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В литературе выделяют три основных вида имитационного моделирования: агентное, дискретно-событийное и системную динамику. Агентное моделирование применяется для анализа и прогнозирования поведения сложных систем. Агент может взаимодействовать с окружающим миром, принимать решения по определенному набору правил. Главной задачей агентных моделей является получение информации об общем поведении системы, и часто такой подход используется в биологии, социологии, экологии.

Основным способом определения причинно-следственных связей и взаимовлияния элементов системы является системная динамика, используемая в различных процессах производства товаров и услуг. При этом осуществляется абстрагирование от конкретных

объектов и событий и «агрегатный» подход к оценке системы и исследуемым процессам.

В случае необходимости вычленения конкретных действий из общей последовательности событий применяется метод дискретно-событийного моделирования. Часто такой подход используется в производственных циклах, когда важно оценить результат деятельности только определенных участков производства. Дискретно-событийное моделирование используется для построения модели, которая будет отражать развитие системы во времени.

Опишем построение методами агентного и дискретно-событийного моделирования имитационной модели двух смежных перекрестков, расположенных на пересечении улиц города Омска: 7-я Северная – Орджоникидзе, 7-я Северная – Герцена (рис. 1).

Для имитации транспортных потоков и элементов дорожного движения использовались спутниковый снимок и библиотека моделирования дорожного движения в AnyLogic PLE, с помощью которых настраивались дорога, количество полос, разделительные линии, ширина дорожного полотна и другие характеристики, соответствующие реальным перекресткам. В построенной модели откорректированы возможные направления движения транспортных средств с учетом соблюдения правил дорожного движения (рис. 2).

Имитация транспортных потоков и процесса дорожного движения также проводилась с использованием блоков библиотеки [1]: «CarSource» моделировал появление транспортного средства на дороге; «CarMoveTo» – движение транспортных средств; «CarDispose» – окончание проезда транспортными средствами перекрестков. Диаграммы транспортных потоков, полученных на основе дискретно-событийной методологии, задающие возможные направления движения транспортных средств, представлены на рис. 3.

Для регулирования трафика в модель из библиотеки введен блок «TrafficLight», соответствующий светофору, в окне настроек которого указаны перекресток, длительность фаз светофора и другие характеристики режима его работы (рис. 4). Исходные данные для длительности фаз светофора установлены по результатам натурных наблюдений.

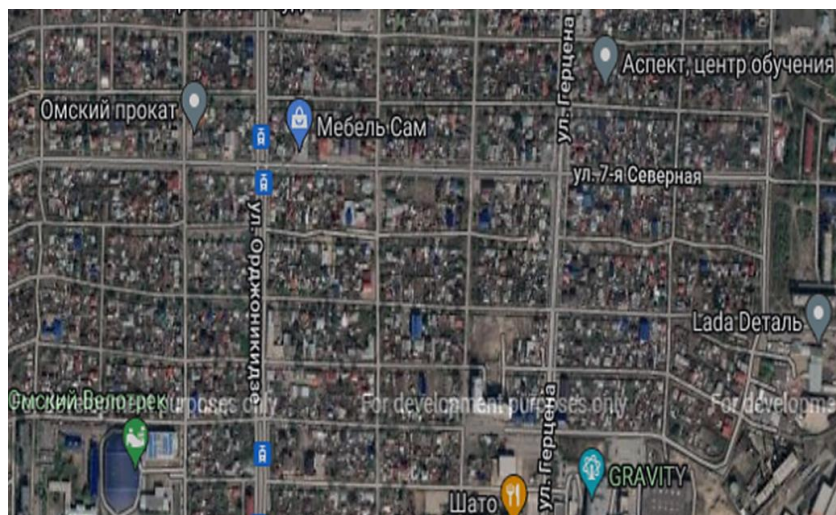


Рис. 1. Спутниковый снимок перекрестков
Примечание: скриншот автора.

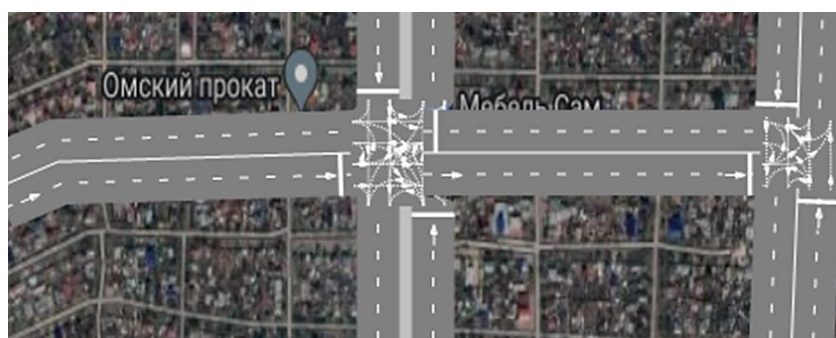


Рис. 2. Модель дорожной сети
Примечание: скриншот автора.

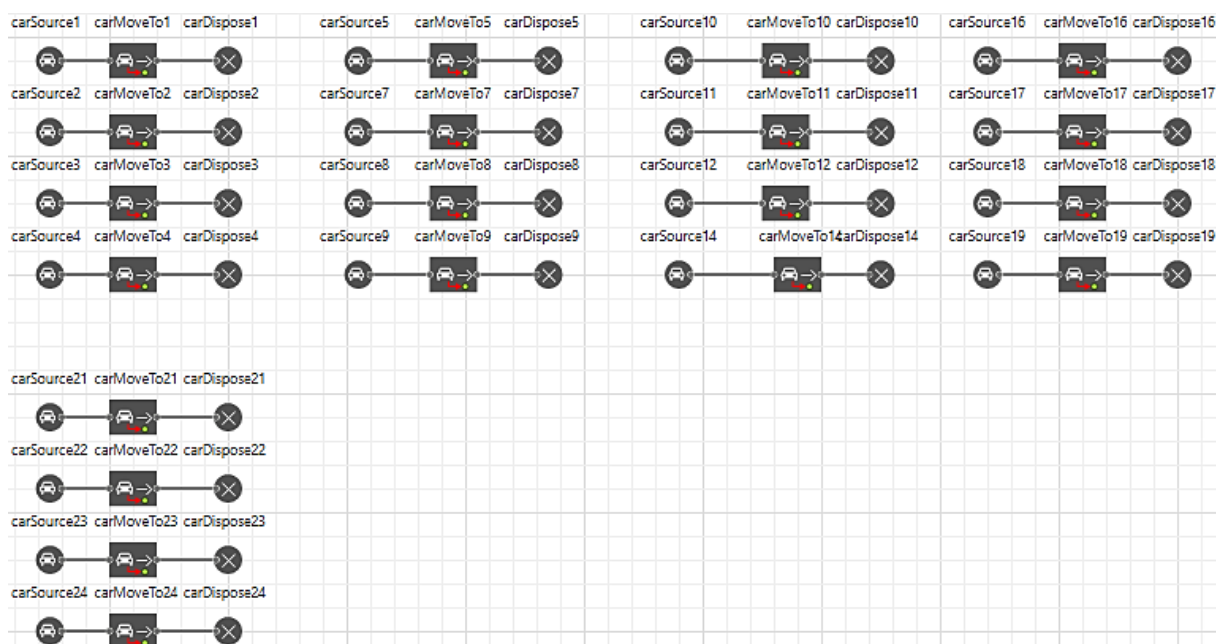


Рис. 3. Диаграммы транспортных потоков
Примечание: составлено автором.

trafficLight - Traffic Light

Имя: ☒ Отображать имя

☐ Исключить

Задаёт режим работы для: ☒ Стоп-линий перекрестка
☐ Соединителей полос перекрестка
☐ Заданных стоп-линий

Перекресток:

Фазы:

Длительности, сек:	50	3	60	3	
Стоп-линии:					
stopLine					
stopLine1					
stopLine2					
stopLine3					

Рис. 4. Окно свойств светофора
 Примечание: скриншот автора.

В модели создана популяция из агентов – автомобилей с именем «Car» с заданным каждому агенту параметром «ВремяПоявления». Популяция указана во всех блоках «CarSource». В поля основных характеристик агентов «Car» введены средние значения, рассчитанные в соответствии с правилами скоростного режима в населенном пункте.

Для сбора статистики в модель добавлена гистограмма с помощью одноименного элемента из библиотеки [1]. На гистограмме отражается среднее время проезда транспортными

средствами двух перекрестков в секундах (рис. 5).

Практика показывает, что транспортные средства на этих перекрестках проводят довольно много времени в пробках, и одна из возможных причин этому – неправильно подобранные временные фазы светофоров. На основе проведенных экспериментов в имитационной модели выполнена оптимизация длительности фаз светофоров с использованием среднего времени проезда транспортными средствами двух перекрестков в качестве целевой функции.

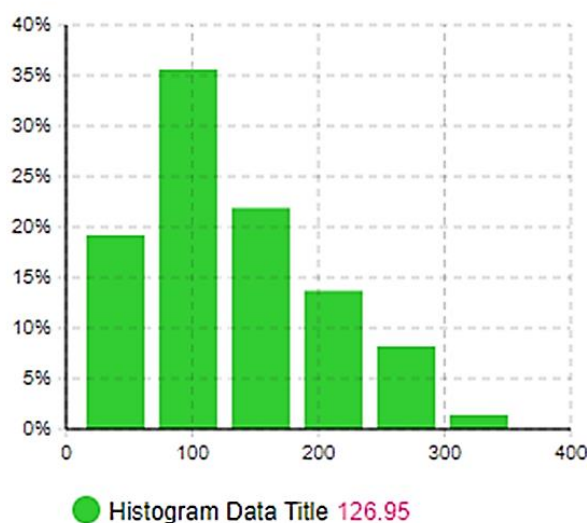


Рис. 5. Гистограмма, отражающая среднее время проезда
 Примечание: скриншот автора.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения оптимальной длительности фаз светофоров в модели добавлены четыре новых параметра (p , $p1$, $p2$, $p3$), отвечающих за настройку их длительности. Создан эксперимент с типом оптимизация и настройка новых свойств. В качестве целевой функции принята минимизация среднего времени проезда двух перекрестков. Изменен тип

всех параметров с фиксированного на дискретный. Установлены границы изменения параметров: минимальное значение для всех параметров – 20 с, максимальное – 80 с, шаг смены параметров – 5 с. Перед запуском эксперимента задано модельное время в 10 минут. Окно настроек эксперимента по оптимизации отражено на рис. 6.

Optimizatia - Оптимизационный эксперимент

Имя: ☐ Исключить

Агент верхнего уровня:

Целевая функция: ☒ минимизировать ☐ максимизировать

☒ Количество итераций:

☐ Автоматическая остановка

Максимальный размер памяти: M6

Параметры

Параметры:

Параметр	Тип	Значение			
		Мин.	Макс.	Шаг	Начальное
p	дискретный	20	80	5	
p1	дискретный	20	80	5	
p2	дискретный	20	80	5	
p3	дискретный	20	80	5	

Рис. 6. Настройка оптимизационного эксперимента

Примечание: скриншот автора.

По результатам эксперимента установлено, что изменение длительности фаз светофоров на оптимальные значения позволяет уменьшить время проезда двух перекрестков с изначальных 135,45 с до 102,71 с (рис. 7). Лучший результат был получен при значениях фаз: первого светофора – $p = 20$ с, $p1 = 65$ с; вто-

рого светофора – $p2 = 75$ с, $p3 = 20$ с. Вычисленная длительность фаз светофоров позволяют увеличить пропускную способность исследуемого элемента дорожной сети и оптимизировать время его проезда транспортными средствами.

Перекресток21 : Optimizatia

	Текущее	Лучшее
Итерация:	500	31
Функционал	135.452	102.71
Параметры	Copy best	
p	25	20
p1	60	65
p2	70	75
p3	20	20

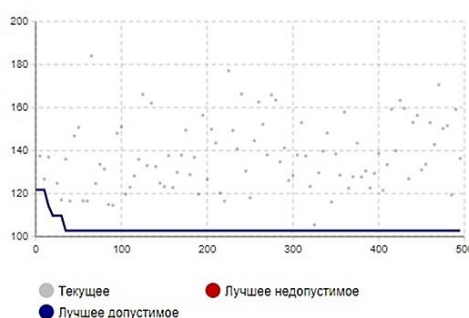


Рис. 7. Результат эксперимента по оптимизации

Примечание: скриншот автора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В среде Anylogic PLE с использованием агентного и дискретно-событийного моделирования разработана и реализована имитационная модель двух перекрестков города Омска. Проведен анализ движения транспортных потоков по выбранному элементу дорожной сети. Выполнена оптимизация длительности фаз светофоров. В результате эксперимента

увеличена пропускная способность двух смежных перекрестков и оптимизировано время их проезда транспортными средствами.

Полученные результаты могут быть использованы для анализа и прогнозирования транспортных потоков с целью улучшения функционирования дорожной сети и оптимизации дорожного движения.

Список источников

1. Боев В. Д. Компьютерное моделирование в среде AnyLogic. М. : Юрайт, 2021. 298 с.
2. Веремчук Н. С., Кондрин А. В. О разработке имитационной модели пешеходного перехода // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство : сб. материалов IV Национал. науч.-практич. конф. 22–23 апреля 2021 г., Омск. Омск : Сиб. гос. авто-мобил.-дорож. ун-т, 2021. С. 724–727.
3. Веремчук Н. С. Об имитационном моделировании элементов дорожной сети // Перспективы науки. 2021. № 12. С. 45–48.
4. Akopov A. S., Beklaryan L. A., Beklaryan A. L. Cluster-Based Optimization of an Evacuation Process Using a Parallel Bi-Objective Real-Coded Genetic Algorithm // Cybernetics and Information Technologies. 2020. Vol. 20, No 3. P. 45–63.
5. Beklaryan L. A., Khachatryan N. K., Akopov A. S. Model for Organization Cargo Transportation at Resource Restrictions // Int J Appl Math. 2019. Vol. 32, No. 4. P. 627–640.
6. Ordu M., Demir E., Tofallis C., Gunal M. M. A Novel Healthcare Resource Allocation Decision Support Tool: A Forecasting-Simulation-Optimization Approach // J Oper Res Soc. 2021. Vol. 72, Is. 3. P. 485–500.
7. Вегера Д. В., Жиба Г. В., Писаренко В. П. и др. Оценка распространения сигнала LTE на сложной по рельефу загородной трассе с учетом хвойного леса // Вестник кибернетики. 2021. № 3 (43). С. 23–29.
8. Лышов С. М., Иванов И. А., Увайсова А. С. и др. Расчет разбросов резонансных частот печатных узлов электронных средств // Вестник кибернетики. 2018. № 4 (32). С. 129–135.

Информация об авторе

Н. С. Веремчук – кандидат физико-математических наук, доцент.

References

1. Boev V. D. Kompiuternoe modelirovanie v srede AnyLogic. Moscow : Iurait, 2021. 298 p. (In Russian).
2. Veremchuk N. S., Kondrin A. V. On the Development of a Simulation Model of a Pedestrian Crossing // Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitelstvo : Proceedings of the IV National Research-to-Practice Conference, April 22–23, 2021, Omsk. Omsk : The Siberian State Automobile and Highway University, 2021. P. 724–727. (In Russian).
3. Veremchuk N. S. Ob imitatsionnom modelirovanii elementov dorozhnoi seti // Science Prospects. 2021. No. 12. P. 45–48. (In Russian).
4. Akopov A. S., Beklaryan L. A., Beklaryan A. L. Cluster-Based Optimization of an Evacuation Process Using a Parallel Bi-Objective Real-Coded Genetic Algorithm // Cybernetics and Information Technologies. 2020. Vol. 20, No 3. P. 45–63.
5. Beklaryan L. A., Khachatryan N. K., Akopov A. S. Model for Organization Cargo Transportation at Resource Restrictions // Int J Appl Math. 2019. Vol. 32, No. 4. P. 627–640.
6. Ordu M., Demir E., Tofallis C., Gunal M. M. A Novel Healthcare Resource Allocation Decision Support Tool: A Forecasting-Simulation-Optimization Approach // J Oper Res Soc. 2021. Vol. 72, Is. 3. P. 485–500.
7. Vegera D. V., Zhiba G. V., Pisarenko V. P. et al. Evaluation of the LTE Signal Propagation along the Highway with a Difficult Terrain in a Coniferous Forest // Proceedings in Cybernetics. 2021. No. 3 (43). P. 23–29. (In Russian).
8. Lyshov S. M., Ivanov I. A., Uvaisova A. S. et al. Calculation of Resonant Frequencies Spread of Printed Circuit Assembly of Electronic Devices // Proceedings in Cybernetics. 2018. No. 4 (32). P. 129–135. (In Russian).

Information about the author

N. S. Veremchuk – Candidate in Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor.