

УДК 004.942

https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВЕТОФОРОВ НА ИССЛЕДУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ

- ©*Шаршеева К. Т.*, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, shar_kund@mail.ru
- ©*Тультемирова Г. У.*, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, tult_gul@mail.ru
- ©*Алымкулова М. С.*, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, alym_mairam@mail.ru
- ©*Исманов Ю. Х.*, ORCID: 0000-0001-8176-2602, SPIN-код: 1183-7001, д-р физ.-мат. наук, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, i_yusupjan@mail.ru
- ©*Алымкулов С. А.*, д-р техн. наук, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, salmor54@mail.ru
- ©*Жумалиев К. М.*, д-р техн. наук, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, zhum_k_m@mail.ru

USING SIMULATION MODELING TO DETERMINE OPTIMUM OPERATING MODES OF TRAFFIC LIGHTS AT INVESTIGATED CROSSROADS

- ©*Sharsheeva K.*, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, shar_kund@mail.ru
- ©*Tultemirova G.*, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, tult_gul@mail.ru
- ©*Alymkulova M.*, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, alym_mairam@mail.ru
- ©*Ismanov Yu.*, ORCID: 0000-0001-8176-2602, SPIN-code: 1183-7001, Dr. habil., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, i_yusupjan@mail.ru
- ©*Alymkulov S.*, Dr. habil., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, salmor54@mail.ru
- ©*Zhumaliev K.*, Dr. habil., Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyzstan, zhum_k_m@mail.ru

Аннотация. Проблема регулирования дорожного движения была большой проблемой во многих странах на протяжении многих лет. Одним из наиболее приемлемых методов развязки транспортного потока является оптимизация работы светофора. В данной статье представлен метод имитационного моделирования, используемый для поиска оптимальных режимов работы светофора на заданном перекрестке. Созданы модели, имитирующие транспортные сети города, на основе которых получены экспериментальные результаты данного моделирования. Моделирование осуществлено на основе оптимизации времени работы светофора на заданных участках трасс. Для оптимизации работы светофоров была реализована следующая последовательность операций: в процессе итерации подбирались параметры оптимизации из заданных в базе с последующей работой на модели на основе этих параметров; по завершении одного цикла работы модели определялась величина оптимизирующей функции на момент завершения цикла. Полученная оптимизирующая функция анализируется и, если необходимо, вводятся новые значения параметров оптимизации, находится новое значение функции оптимизации, причем процесс повторяется до тех пор, пока функция не

удовлетворяет заданным исходным условиям, либо выходит на постоянное значение. Полученные в результате оптимизации данные показали, что оптимизация позволила увеличить пропускную способность загруженных перекрестков почти в три раза.

Abstract. The problem of traffic regulation has been a big problem in many countries for many years. One of the most acceptable methods of decoupling the traffic flow is to optimize the operation of the traffic light. This article presents a simulation method used to find the optimal modes of operation of a traffic light at a given intersection. Models were created that simulate the transport networks of the city, on the basis of which the experimental results of this simulation were obtained. The simulation was carried out on the basis of optimizing the time of the traffic light on the given sections of the routes. To optimize the operation of traffic lights, the following sequence of operations was implemented: during the iteration, optimization parameters were selected from those specified in the database, followed by work on the model based on these parameters; at the end of one cycle of the model, the value of the optimizing function was determined at the time of the cycle completion. The resulting optimizing function is analyzed and, if necessary, new values of the optimization parameters are introduced, a new value of the optimization function is found, and the process is repeated until the function satisfies the specified initial conditions or reaches a constant value. The data obtained as a result of the optimization showed that the optimization made it possible to increase the capacity of busy intersections by almost three times.

Ключевые слова: моделирование, транспортный поток, режимы работы светофора, интенсивность дорожного движения, оптимизация.

Keywords: modeling, traffic flow, traffic light operation modes, traffic intensity, optimization.

Введение

В развитии любого города и даже страны важную роль играет транспортная инфраструктура. Многие годы ведутся исследования над эффективным функционированием транспортных систем. С увеличением количества участников на дорогах это становится все труднее и теперь вопрос не решается моделью «увеличение скорости движущихся транспортных средств уменьшает время поездки». С повышением уровня жизни человечества количество транспортных средств в городской сети увеличивается день ото дня, что приводит к ухудшению условий движения [1–3]. Это определяет одну из самых больших проблем в густонаселенных городах, а именно заторы на дорогах, то есть длинные очереди автомобилей, в результате чего пассажиры и водители теряют драгоценное время, особенно в часы пик.

В организации управления дорожным движением проведение полномасштабного эксперимента затруднено или невозможно. Несомненно, что моделирование, в котором имитируется транспортный поток, во многих практически безвыходных ситуациях представляет собой безальтернативный метод, позволяющий с высокой эффективностью решить данную проблему. Важнейшим преимуществом данного подхода перед часто используемым аналитическим подходом, является возможность буквально регулировать транспортную ситуацию, задавать различные варианты нагрузки на перекресток, и практически визуализировать транспортный поток через перекресток, что, в конечном счете, позволяет максимально оптимизировать транспортный поток на этом перекрестке. Как следствие, моделирование, имитирующее транспортный поток на перекрестке, позволит наглядно продемонстрировать ситуацию на дорогах, а оптимизация времени подачи сигнала светофора является одним из самых быстрых и экономически эффективных способов

уменьшения заторов на перекрестках и улучшения транспортного потока в городской сети [4–6].

Целью рассмотренного в статье исследования является изучение различных методов оптимизации, позволяющих достаточно эффективно решить проблемы заторов, возникающих в связи с текущими потребностями городского движения, разработка систем оптимизации дорожного движения, с помощью моделирования, имитирующего оптимальный режим работы светофоров на заданных перекрестках.

Материалы и методы исследования

Оптимизация прохождения транспортных потоков через оживленные, сильно загруженные перекрестки до сих пор не осуществлена на достаточно высоком и эффективном уровне не только в Кыргызстане, но и в других странах [7–9]. Использование моделей, имитирующих транспортный поток на дорогах, имеет решающее значение для всестороннего исследования городской транспортной системы в безопасной и подходящей среде. Anylogic — программное обеспечение для моделирования транспортных потоков, у которого есть готовая библиотека движения транспорта — Traffic Road Library, который представляет собой высокоэффективный и гибкий инструмент для создания максимально приближенных к реальности моделей, имитирующих транспортное движение, и взятие в качестве исходников самых оптимальных решений при разработке проектов и обеспечении дорожных трасс [10–12].

Базовой частью исследования было создание модели, имитирующей транспортные сети города, и экспериментальные результаты данного моделирования. В данной работе использовано решение задачи с помощью оптимизации времени работы светофора на заданных участках, алгоритм которого приведен на рисунке 1. Пошаговые этапы алгоритма и действия, которые выполняются в каждом из них описаны ниже.

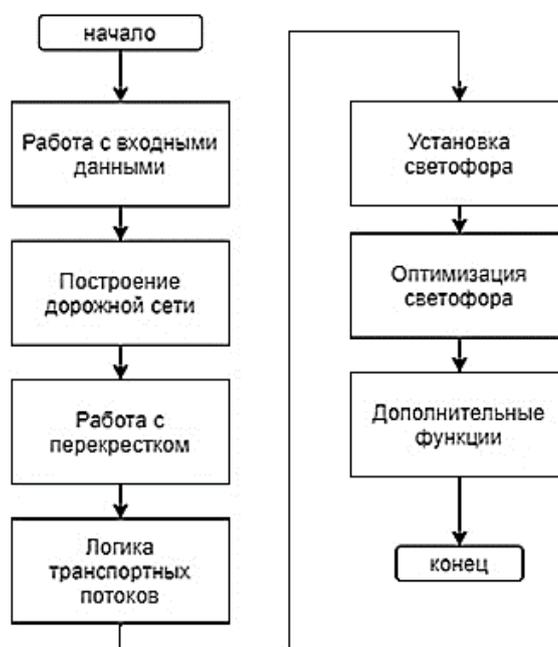


Рисунок 1. Структурная схема имитационной модели оптимизации режима работы светофора

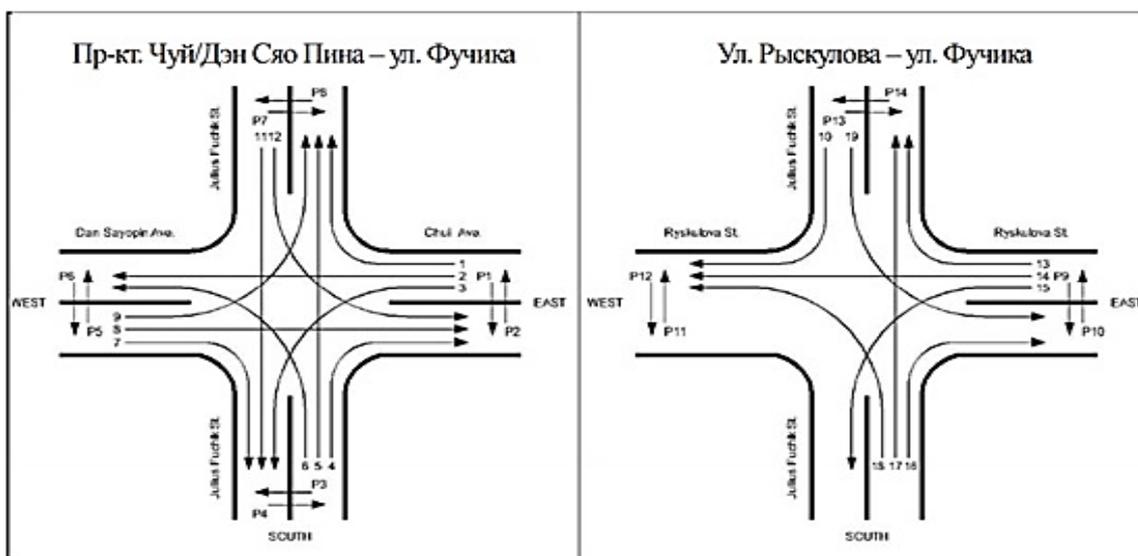


Рисунок 2. Исследуемые перекрестки города Бишкек

Таблица

ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ
 НА ИССЛЕДУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ В ЧАСЫ ПИК

Классификация	Время	Всего автомобилей
Утро	7:00-8:10	6622
День	14:00-15:00	5033
Вечер	15:00-16:00	5158
Среднее		5604

Для работы с входными данными были взяты реальные данные перегруженного участка города Бишкек из открытого источника «Пилотные проекты города Бишкек»: проспект Чуй/ул. Фучика и ул. Рыскулова/ул. Фучика (Рисунок 2).

Для оптимизации движения на этих перекрестках необходимо учитывать интенсивности движения в часы пик, то есть наиболее вероятное время появления заторов.

В течение дня рассматривались 3 пиковых промежутка на трассах: утренний час пик с 7-00 до 11-00, в дневное время с 11-00 до 15-00 и вечерний час пик с 15-00 до 19-00 часов (Таблица).

Исходя из статистических данных (Таблица), наблюдается сравнительно большой поток автомобилей в направлении с запада на восток. Было установлено, что даже в вечернее время интенсивность движения с западной стороны составляет более 30% всего объема транспорта.

Результаты исследования и их обсуждение

Построение дорожной сети и работа с перекрестками. Для оптимизации работы светофоров на рассматриваемом перекрестке создана его модель. Для создания дорог, логики транспортных потоков и добавление светофоров была использована библиотека транспортных потоков.

Изображение перекрестков с улицами Ю. Фучика, Рыскулова, проспект Дэн Сяопина было взято из Google maps, который составил основу построения модели (Рисунок 3).



Рисунок 3. Построение модели исследуемых перекрестков

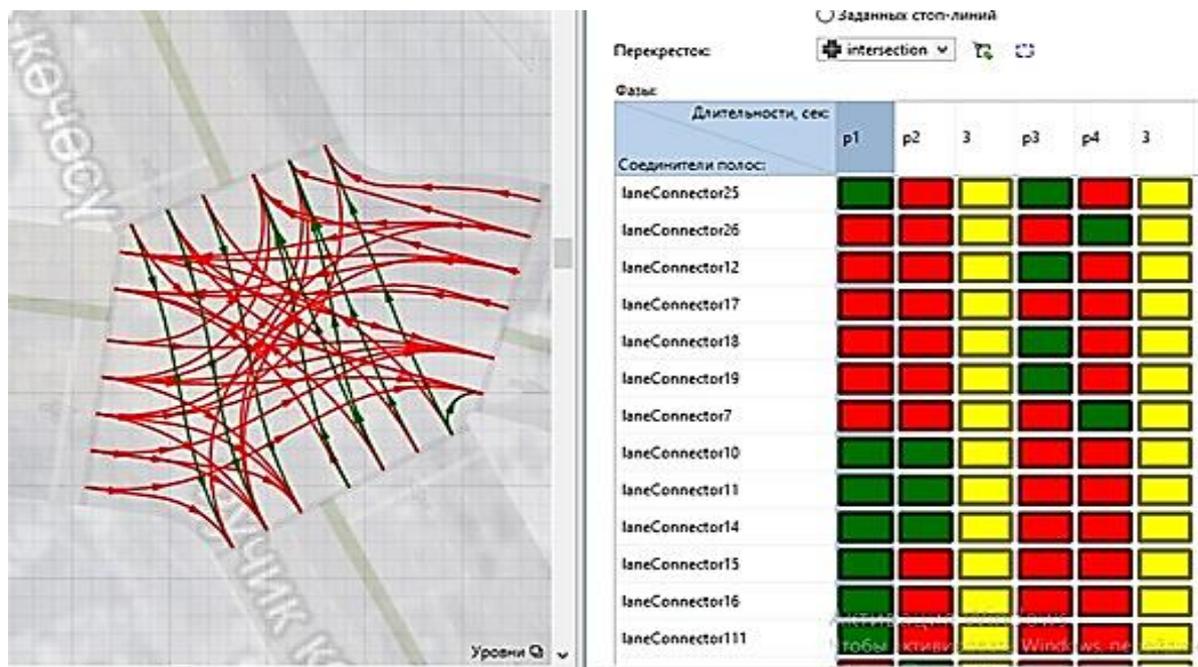


Рисунок 4. Установка светофоров и режимов их работы

Логика транспортных потоков и установка светофоров. Для моделирования работы светофора и оптимизации режимов работы задаются следующие основные входные параметры: интенсивность потока, часы и количество автомобилей которые должны пройти в это время. Устанавливаются на перекрестках светофоры и указывается режим работы соединителей полос перекрестка, как показано на Рисунке 4. В этом случае светофор поочередно синхронизируется с учетом направления движения автомобилей [1].

Задаем в качестве параметров светофора переменные p_1 , p_2 , p_3 , p_4 . Эти параметры в дальнейшем используются для оптимизации.

Оптимизация светофора. Оптимизация работы светофора осуществляется пошагово в виде итерации, т. е. последовательного приближения к необходимому результату. Для этого необходимо, чтобы: в процессе итерации подбирались параметры оптимизации из заданных в базе с последующей работой на модели на основе этих параметров; по завершении одного цикла работы модели определялась величина оптимизирующей функции на момент завершения цикла. Полученная оптимизирующая функция анализируется и, если необходимо, вводятся новые значения параметров оптимизации, находится новое значение функции оптимизации, причем процесс повторяется до тех пор, пока функция не удовлетворяет заданным исходным условиям, либо выходит на постоянное значение. Процесс оптимизации и моделирование движения для исследуемого участка приведены на Рисунке 5. При «прогоне» модели для 500 итераций были получены результаты, представленные на Рисунке 6.



Рисунок 5. Моделирование движения на исследуемом перекрестке

На Рисунке 6 видно, что до оптимизации режима работы светофора пропускная способность исследуемых перекрестков за заданный период времени составлял 498 машин, а после оптимизации 962 машины. Это доказывает, что пропускная способность значительно увеличилась после оптимизации. Если сравнить средние времена проезда одной машины, то до оптимизации это время составляло 715 секунд, после оптимизации уменьшилось на 474 секунды и стало равно 241 секунде.



Рисунок 6. Оптимизация режимов работы светофора на исследуемых перекрестках: а — до оптимизации; б — после оптимизации

Выводы

Предложены алгоритмы оптимизации пропускной способности оживленных городских перекрестков. В качестве примера рассмотрены реальные перекрестки г. Бишкекека: проспект Чуй/ул. Фучика и ул. Рыскулова/ул. Фучика. Оптимизация транспортных перекрестков осуществлялась за счет оптимизации работы светофоров. При оптимизации работы светофоров учитывались такие параметры транспортных потоков, как интенсивность потока, часы и количество автомобилей, которые должны пройти в это время.

Полученные в результате оптимизации данные показали, что оптимизация позволила увеличить пропускную способность загруженных перекрестков почти в три раза.

Список литературы:

1. Баязитов Г. А., Гибадуллин А. Р. Моделирование транспортных решений в среде anylogic // Информационные технологии и системы: сборник научных трудов. 2017. С. 287-290.
2. Буслаев А. П., Новиков А. В., Приходько В. М., Таташев А. Г., Яшина М. В. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. М: Мир, 2003. 368 с.
3. Ефромеева Е. В., Ефромеев Н. М. Имитационное моделирование: основы практического применения в среде AnyLogic. Саратов, 2020. 120 с.
4. Samadi S., Rad A. P., Kazemi F. M., Jafarian H. Performance evaluation of intelligent adaptive traffic control systems: A case study // Journal of transportation technologies. 2012. V. 2. №03. P. 248. <http://dx.doi.org/10.4236/jtts.2012.23027>
5. Zhu F., Li G., Li Z., Chen C., Wen D. A case study of evaluating traffic signal control systems using computational experiments // IEEE transactions on intelligent transportation systems. 2011. V. 12. №4. P. 1220-1226. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2157691>
6. Gartner N. H., Stamatiadis C., Tarnoff P. J. Development of advanced traffic signal control strategies for intelligent transportation systems: Multilevel design // Transportation Research Record. 1995. V. 1494. P. 98-105.
7. Robertson H. D., Hummer J. E. Manual of Transportation Engineering Studies // Journal of Transportation Technologies. 2014. V. 4. P. 159-170.

8. Исманов Ю. Х. Восстановление изображения волнами различной длины // Известия Национальной Академии наук Киргизской Республики. 2015. № 4. С.30-33.
9. Исманов Ю. Х., Тынышова Т. Д., Алымкулов С. А. Использование приближения Френеля для расчета распределения светового поля, прошедшего сквозь решетку // Вестник КГУСТА. 2017. №3(57). С. 171-178.
10. Исманов Ю. Х., Тынышова Т. Д., Абдулаев А. А. Моделирование оптической системы, работающей при некогерентном освещении // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. №3. С. 98-102.
11. Исманов Ю. Х., Джаманкызов Н. К., Тынышова Т. Д., Алымкулов С. А. Восстановление бесцелевой радужной голограммы когерентной волной // Материалы VII Международной конференции по фотонике и информационной оптике. М., 2018. С.596-597.
12. Hu P. F., Tian Z. Z., Dayem A. A., Yang F. Field evaluation of SCATS control system in Las Vegas // ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems. 2011. P. 3963-3973. [https://doi.org/10.1061/41186\(421\)397](https://doi.org/10.1061/41186(421)397)

References:

1. Bayazitov, G. A., & Gibadullin A. R. (2017). Modelirovanie transportnykh reshenii v srede anylogic. In *Informatsionnye tekhnologii i sistemy: sbornik nauchnykh trudov*, 287-290. (in Russian).
2. Buslaev, A. P., Novikov, A. V., Prikhod'ko, V. M., Tatashev, A. G., & Yashina, M. V. (2003). Veroyatnostnye i imitatsionnye podkhody k optimizatsii avtorozhnogo dvizheniya. Moscow. (in Russian).
3. Efromeeva, E. V., & Efromeev, N. M. (2020). Imitatsionnoe modelirovanie: osnovy prakticheskogo primeneniya v srede AnyLogic. Saratov. (in Russian).
4. Samadi, S., Rad, A. P., Kazemi, F. M., & Jafarian, H. (2012). Performance evaluation of intelligent adaptive traffic control systems: A case study. *Journal of transportation technologies*, 2(03), 248. <http://dx.doi.org/10.4236/jtts.2012.23027>
5. Zhu, F., Li, G., Li, Z., Chen, C., & Wen, D. (2011). A case study of evaluating traffic signal control systems using computational experiments. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 12(4), 1220-1226. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2157691>
6. Gartner, N. H., Stamatiadis, C., & Tarnoff, P. J. (1995). Development of advanced traffic signal control strategies for intelligent transportation systems: Multilevel design. *Transportation Research Record*, 1494, 98-105.
7. Robertson, H. D. & Hummer, J. E. (2014). Manual of Transportation Engineering Studies. *Journal of Transportation Technologies*, 4, 159-170.
8. Ismanov, Yu. H. (2015). Vosstanovlenie izobrazheniya volnami razlichnoj dliny (Restoration of the image by waves of different lengths). *Izvestiya Nacional'noj Akademii nauk Kyrgyzskoy Respubliki*, (4), 30-33.
9. Ismanov, Y. Kh., Tynyshova, T. D., & Aлымкулов, S. A. (2017). Ispol'zovanie priblizheniya Frenelya dlya rascheta raspredeleniya svetovogo polya, proshedshego skvoz' reshetku (Using the Fresnel Approximation to Calculate the Distribution of a Light Field Passing Through a Grating). *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arhitektury im. N. Isanova*, (3(57)), 171-178. (in Russian)
10. Ismanov, Y. Kh., Tynyshova, T. D., Abdulaev, A. A. (2020). Modelirovanie opticheskoy sistemy, rabotayushchej pri nekogerentnom osveshchenii (Simulation of an optical system operating under incoherent illumination). *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, (3), 98-102. (in Russian)

11. Ismanov, Yu. Kh., Dzhamankyzov, N. K., Tynyshova, T. D., & Alymkulov, S. A. (2018). Vosstanovlenie besshchelevoi raduzhnoi gologrammy kogerentnoi volnoi. In *Materialy VII Mezhdunarodnoi konferentsii po fotonike i informatsionnoi optike*, Moscow, 596-597. (in Russian)
12. Hu, P. F., Tian, Z. Z., Dayem, A. A., & Yang, F. (2011). Field evaluation of SCATS control system in Las Vegas. In *ICCTP 2011: Towards Sustainable Transportation Systems* (pp. 3963-3973). [https://doi.org/10.1061/41186\(421\)397](https://doi.org/10.1061/41186(421)397)

Работа поступила
в редакцию 07.12.2022 г.

Принята к публикации
24.12.2022 г.

Ссылка для цитирования:

Шаршеева К. Т., Тультемирова Г. У., Алымкулова М. С., Исманов Ю. Х., Алымкулов С. А., Жумалиев К. М. Использование метода имитационного моделирования для определения оптимальных режимов работы светофоров на исследуемых перекрестках // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №1. С. 229-237. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/31>

Cite as (APA):

Sharsheeva, K., Tultemirova, G., Alymkulova, M., Ismanov, Yu., Alymkulov, S., & Zhumaliev, K. (2023). Using Simulation Modeling to Determine Optimum Operating Modes of Traffic Lights at Investigated Crossroads. *Bulletin of Science and Practice*, 9(1), 229-237. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/31>