



УДК 656.13.08
doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-12



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Разработка и исследование динамических характеристик системы управления транспортными потоками

Вера Дмитриевна Демина

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
demina-2000@mail.ru

Ольга Викторовна Ермилина

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
rasuma@mail.ru

Аннотация. В статье предлагается алгоритм управления транспортом на загруженных перекрестках, основанный на вычислении длины очереди по разным направлениям. Применяются математические методы, которые позволяют осуществить автоматическое управление с применением методов современной теории управления.

Ключевые слова: система управления, транспортные потоки, регулирование, динамические характеристики

Финансирование: статья подготовлена при финансовой поддержке конкурса «Ректорские гранты» Пензенского государственного университета, договор № ХП-78/21 от 19 апреля 2021 г.

Для цитирования: Демина В. Д., Ермилина О. В. Разработка и исследование динамических характеристик системы управления транспортными потоками // Инжиниринг и технологии. 2021. Т. 6(2). С. 1–5. doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-12

Development and research of dynamic characteristics of the traffic flow management system

Vera D. Demina

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
demina-2000@mail.ru

Olga V. Ermilina

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
rasuma@mail.ru

Abstract. The article proposes an algorithm for traffic control at busy intersections, based on calculating the length of the queue in different directions. Mathematical methods are used that allow for automatic control using the methods of modern control theory.

Keywords: management system, traffic flow, regulation, dynamic characteristics

Acknowledgments: the research was supported by the Rector's Grant from Penza State University, agreement No. ХП-78/21 dated April 19, 2021.

For citation: Demina V.D., Ermilina O.V. Development and research of dynamic characteristics of the traffic flow management system. Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology. 2021;6(2):1–5. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-12

Проблема обеспечения условий для безопасного движения транспортных средств становится все более актуальной. Появляется необходимость в эффективной организации перевозок пассажиров и грузов. Сложившаяся к настоящему времени дорожная сеть в городах не соответствует возросшему объему перевозок: снижается скорость движения на дорогах, возникают заторовые ситуации, и, как следствие этого, уменьшается производительность труда на транспорте.

Традиционным примером сложной системы является система управления потоками автомобильного транспорта со свойственными ей качествами: цель управления, большое количество выпол-



няемых функций, сложное, вероятностное и динамическое поведение, а также необходимость высокой автоматизации управления.

Решить проблему возможно изменением транспортной сети и использованием действенных способов построения дорожного движения. Нужно учесть всевозможный диапазон параметров автомобильного транспорта, принцип действий внешних и внутренних показателей на динамические свойства автомобильного потока для поиска результативных стратегий управления транспортными потоками [1].

Для действенного регулирования транспортных потоков необходимо перестроить режимы работы светофорной сигнализации. Образовалось два направления работ в системе регулирования дорожного движения, которые отражают структуру транспортной сети в больших городах. Эти направления отличаются друг от друга объектом изучения: отдельный перекресток или система перекрестков.

С этой целью были зарегистрированы плотности автомобильных потоков на двух перекрестках на основе экспериментальных данных. На рис. 1 изображены плотности потоков транспорта. По оси ординат откладывается дискретное время с шагом дискретизации 5 с, а по оси абсцисс – число автомобилей, проезжавших мимо наблюдателя за 5 с.

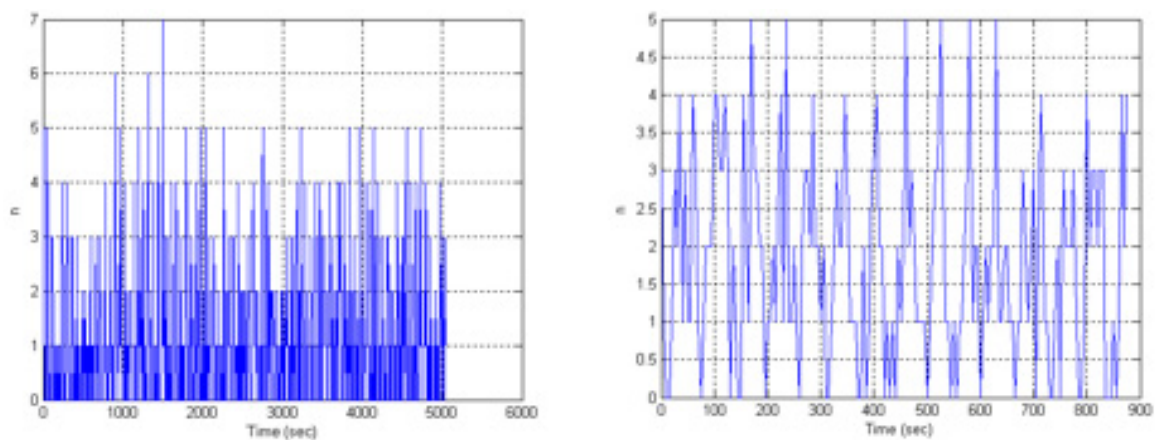


Рис. 1. Плотность автомобильных потоков

Математическое ожидание транспортных потоков оценивается по формуле

$$\hat{m} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt .$$

Вычислим математические ожидания для потоков:

- первый поток $m = 1,8$ машины;
- второй поток $m = 2,2$ машины.

Оценка дисперсии вычисляется по формуле

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [x(t) - m]^2 dt .$$

Рассчитаем оценки дисперсии:

- первый поток $\sigma = 1,76\sigma = 4,5$;
- второй поток $\sigma = 1,76$.

Корреляционная функция вычисляется по формуле

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x_0(t)x_0(t+\tau)dt ,$$

где $x_0(t) = x(t) - \hat{m}$ – центрированный случайный сигнал.

На рис. 2 построены автокорреляционные функции.

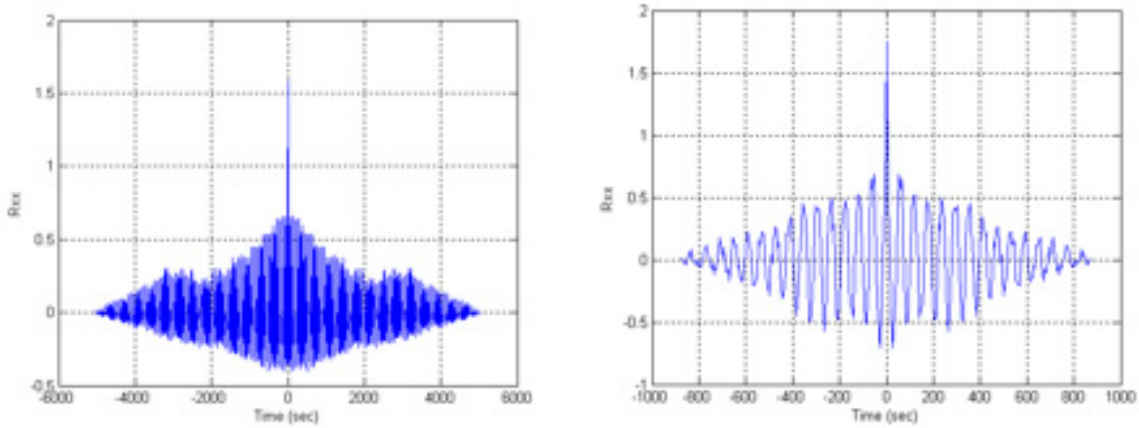


Рис. 2. Автокорреляционные функции транспортного потока

При получении допустимой точности оценки характеристик случайных процессов продолжительность исполнения процесса обязана выходить за пределы интервала корреляции. При исследовании автоматических систем управления воспользуемся еще одной характеристикой случайного процесса, называемой спектральной плотностью мощности (рис 3).

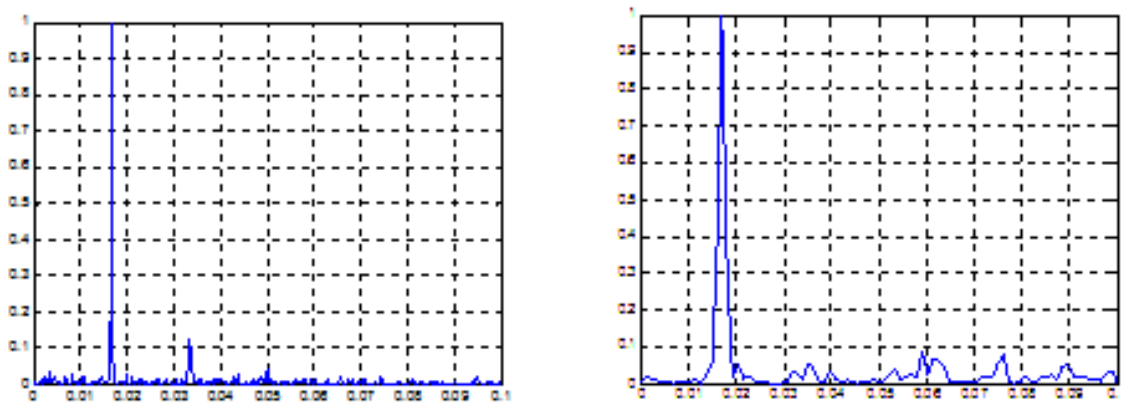


Рис. 3. Спектральные плотности мощности транспортного потока

Гистограммы распределения автомобильных потоков изображены на рис. 4.

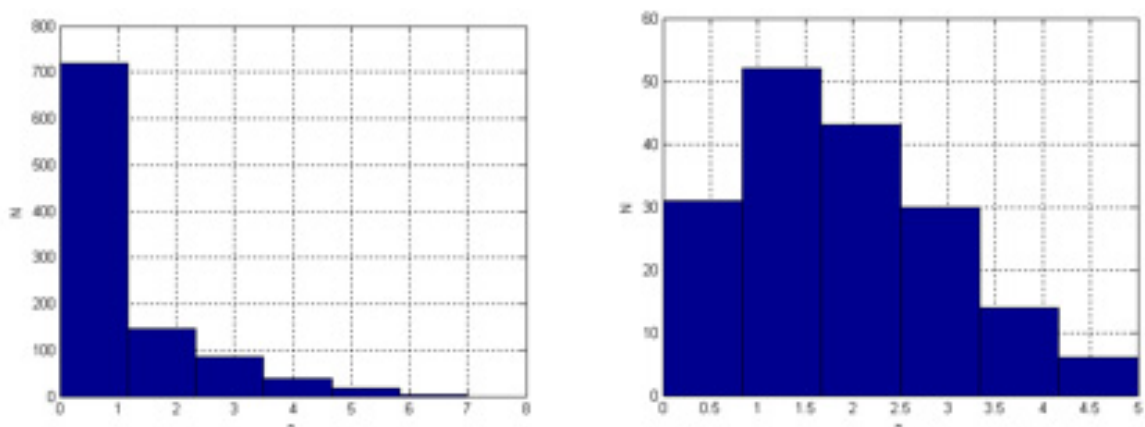


Рис. 4. Гистограмма распределения транспортных потоков

В ходе работы была разработана и исследована модель потока автомобильного транспорта на перекрестке. Анализ итогов дал возможность определить периодичность движения транспорта, которая объясняется работой светофоров.

Опираясь на опыт проведенных исследований, была проведена и подтверждена проверка статистической гипотезы о принадлежности эмпирического распределения на основе критерия Колмогоро-



рова – Смирнова. Построена последовательность случайных чисел по распределению Пуассона и найдены ее характеристики, которые совпадают с экспериментальными. Вероятностные характеристики, в частности интенсивность транспортного потока, зависят от времени суток в различные интервалы времени.

Модели транспортных потоков, полученные на основе экспериментальных данных, приведены ниже (рис. 5).

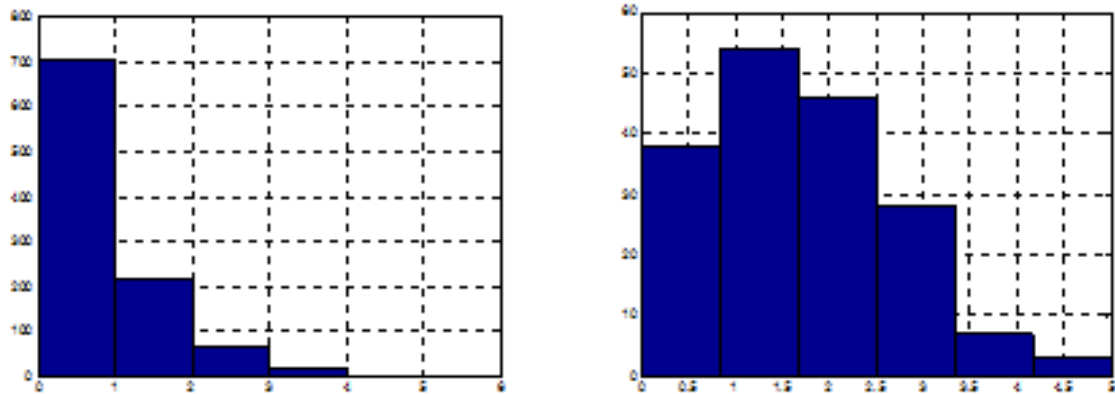


Рис. 5. Гистограммы распределения моделей транспортных потоков

Автокорреляционные функции представлены на рис. 6.

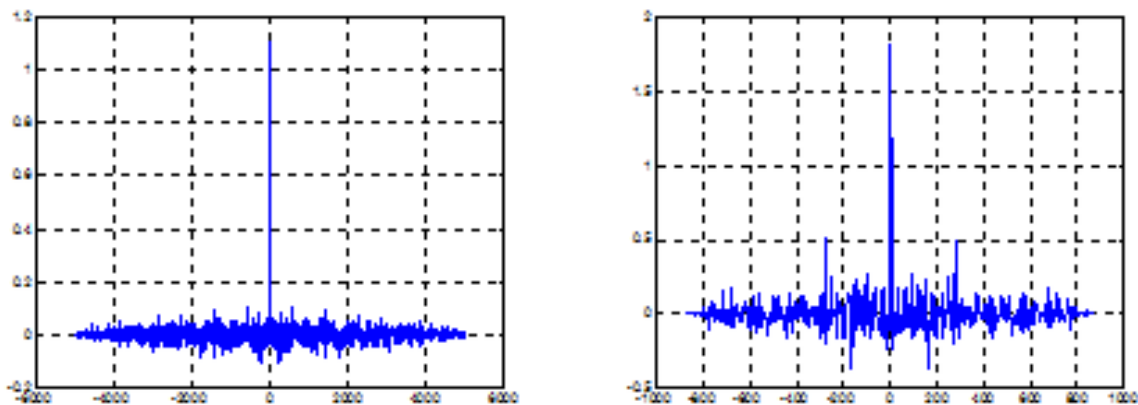


Рис. 6. Автокорреляционные функции моделей транспортных потоков

На рис. 7 показано исследование спектральных плотностей мощности модели автомобильных потоков.

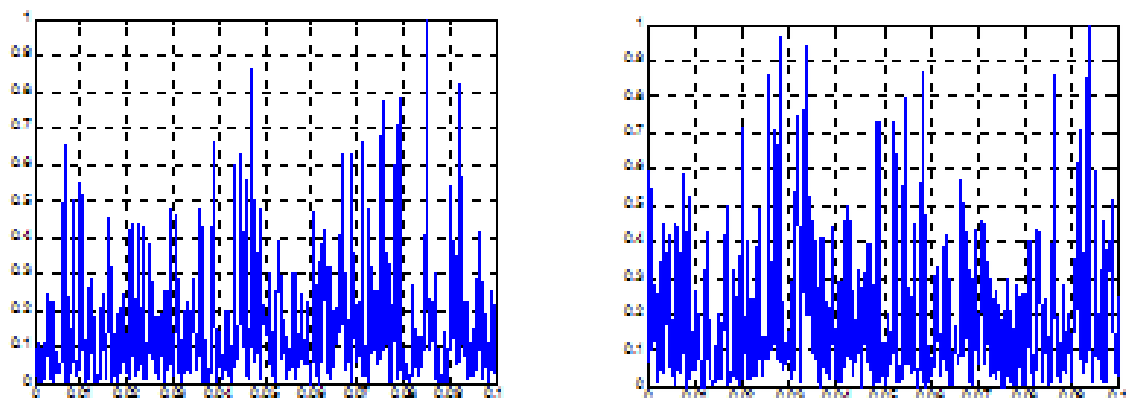


Рис. 7. Спектральные плотности мощности моделей транспортного потока

На рис. 8 изображены модели плотности транспортных потоков.

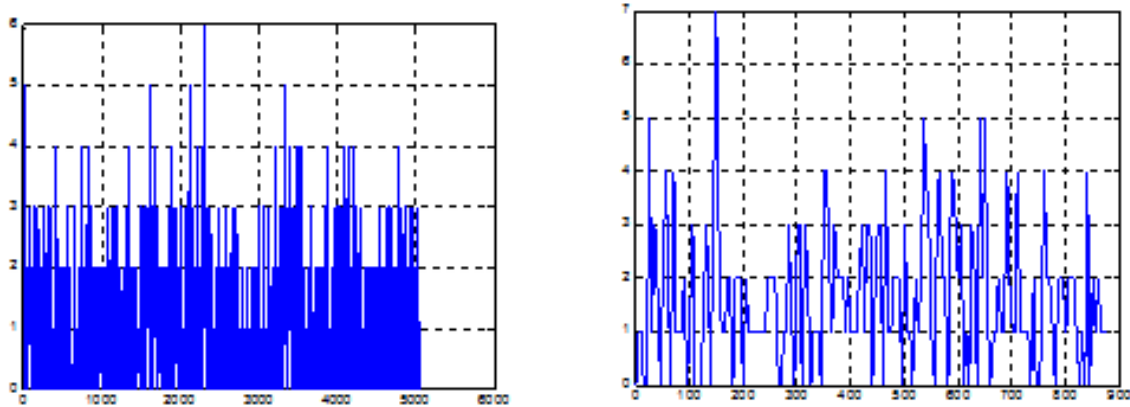


Рис. 8. Модели плотности транспортных потоков

В ходе работы были получены выявленные условия появления автоколебаний на перекрестке с наличием возмущения и без него. Кроме того, исследование показало, что система выходит из режима автоколебаний и становится неустойчивой при условии повышения значения интенсивности автомобильных потоков на перекрестке.

Список литературы

1. Клинковштейн Г. И., Афанасьев М. Б. Организация дорожного движения : учеб. для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 2001. 247 с.

References

1. Klinkovshiteyn G.I., Afanas'ev M.B. *Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: ucheb. dlya vuzov. 5-e izd., pererab. i dop.* = *Organization of traffic: textbook for universities. 5th ed., rev. and augmented.* Moscow: Transport, 2001:247 (In Russ.)

Поступила в редакцию / Received 12.07.2021

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 15.08.2021

Принята к публикации / Accepted 21.08.2021