

# Управление сигналами светофоров с использованием обучения с подкреплением

А.А. Агафонов<sup>1</sup>, А.С. Юмаганов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

## Аннотация

Постоянный рост дорожного трафика, особенно в крупных городах, приводит к значительному увеличению затрат (времени, стоимости) на осуществление корреспонденций участниками дорожного движения. Одним из способов повышения эффективности транспортной инфраструктуры является применение методов координированного управления сигналами/тактами светофоров на отдельном перекрестке или в некоторой области. В статье рассматривается алгоритм управления сигналами/тактами светофоров с использованием общей информации о загрузке транспортной сети и доступной информации от транспортных средств на основе машинного обучения с подкреплением. Экспериментальные исследования в системе моделирования CityFlow показывают преимущество представленного алгоритма по сравнению с классическими подходами.

## Ключевые слова

Управление сигналами светофоров, обучение с подкреплением, CityFlow

## 1. Введение

Существующая транспортная инфраструктура, особенно в крупных городах, не в состоянии эффективно распределять транспортные потоки, что приводит к значительному увеличению затрат на осуществление корреспонденций участниками дорожного движения. Оптимизация существующей транспортной инфраструктуры с целью повышения эффективности ее использования является одной из актуальных задач в транспортном планировании. В статье рассматривается задача управления сигналами/тактами светофоров.

Классические методы управления сигналами светофоров [1,2] оптимизируют длину цикла, фиксированную последовательность фаз и разделение фаз для одиночного (изолированного) перекрестка. Возросшее количество источников данных, которые могут использоваться для решения задачи координированного управления сигналами/тактами светофоров, позволяет для решения задач транспортного управления использовать методы машинного обучения и обработки «больших данных». Современные научные исследования для решения задачи управления используют алгоритмы нечеткой логики [3], интеллект роя [4] и обучение с подкреплением [5, 6]. Среди этих подходов обучение с подкреплением в последние годы является наиболее популярным.

## 2. Предлагаемый подход

Для решения задачи управления сигналами/тактами светофоров в работе предлагается использовать как общую информацию о загрузке транспортной сети, получаемую традиционными способами, так и информацию от подключенных и/или автономных транспортных средств. Общая информационно-вычислительная технология предлагаемого решения может быть представлена следующим образом:

1) Сбор информации о состоянии транспортных потоков в сети и формирование краткосрочного прогноза параметров распределения транспортных потоков.

2) Получение информации о распределении транспортных средств по сегментам дорожной сети, включая позицию и скорость транспортных средств.

3) Прогноз времени прибытия транспортных средств на перекрестки с использованием выбранной модели динамики движения транспортных средств.

4) Формирование вектора признаков, описывающего транспортную ситуацию на отдельном перекрестке или в пространственно-компактной области транспортной сети.

5) Оптимизации целевой функции, выбранной для решения задачи управления, с использованием метода машинного обучения – обучения с подкреплением.

В качестве оптимизируемой целевой функции в работе рассматривается взвешенная линейная комбинация нескольких компонентов, таких как длина очереди транспортных средств на перекрестке, время ожидания и задержка времени движения.

Экспериментальные исследования алгоритма управления сигналами/тактами светофоров выполнялись с использованием системы микроскопического моделирования движения транспортных средств CityFlow. Экспериментальные исследования показывают преимущество алгоритма на основе обучения с подкреплением по сравнению с классическими подходами.

### 3. Заключение

В работе рассматривается задача управления сигналами/тактами светофоров с использованием общей информации о загрузке транспортной сети и доступной информации от подключенных и/или автономных транспортных средств. Предложена информационно-вычислительная технология решения задачи управления сигналами светофоров, разработан алгоритм управления на основе метода машинного обучения с подкреплением. Экспериментальные исследования в системе моделирования CityFlow показывают преимущество алгоритма на основе обучения с подкреплением по сравнению с классическими подходами.

### 4. Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-29-03135-мк.

### 5. Литература

- [1] Li, L. A survey of traffic control with vehicular communications / L. Li, D. Wen, D. Yao // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2014. – Vol. 15(1). – P. 425-432. DOI: 10.1109/TITS.2013.2277737.
- [2] Papageorgiou, M. Review of road traffic control strategies / M. Papageorgiou // Proceedings of the IEEE. – 2003. – Vol. 91(12). – P. 2043-2065. DOI: 10.1109/JPROC.2003.819610.
- [3] Gokulan, B.P. Distributed geometric fuzzy multiagent urban traffic signal control / B.P. Gokulan, D. Srinivasan // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2010. – Vol. 11(3). – P. 714-727. DOI: 10.1109/TITS.2010.2050688.
- [4] Teodorović, D. Swarm intelligence systems for transportation engineering: Principles and applications / D. Teodorović // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2008. – Vol. 16(6). – P. 651-667. DOI: 10.1016/j.trc.2008.03.002.
- [5] El-Tantawy, S. Multi-agent reinforcement learning for integrated network of adaptive traffic signal controllers (MARLIN-ATSC) / S. El-Tantawy, B. Abdulhai // IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC. – 2012. – P. 319-326. DOI: 10.1109/ITSC.2012.6338707.
- [6] Guo, Q. Urban traffic signal control with connected and automated vehicles: A survey / Q. Guo, L. Li, X. (Jeff) Ban // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2019. – Vol. 101. – P. 313-334. DOI: 10.1016/j.trc.2019.01.026.