

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И ПРОБЛЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ТРАФИКОМ

METHODS AND PROBLEMS OF DESIGNING A TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM RESEARCH

D. Pelikh

Summary. The article describes the problems of traffic management. Modern methods of traffic management, including using artificial intelligence, are presented. The application of a multi-agent approach in solving problems in this field, in particular, optimizing the duration of traffic light phases, is substantiated. Some problems that arise when designing such systems are described. The prospects of using these methods are presented.

Keywords: management, traffic, methods, optimization, artificial intelligence, multi-agent approach.

Пелих Дмитрий Александрович

Аспирант, ассистент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
elektronstandart@bk.ru

Аннотация. В статье описаны проблемы управления транспортным трафиком. Приведены современные методы организации дорожного движения, в том числе с помощью искусственного интеллекта. Обосновано применение мультиагентного подхода при решении задач в данной области, в частности, оптимизации длительности фаз светофора. Описаны некоторые проблемы, возникающие при проектировании подобных систем. Представлены перспективы применения указанных методов.

Ключевые слова: управление, дорожный трафик, методы, оптимизация, искусственный интеллект, мультиагентный подход.

Введение

Моделирование транспортных потоков является важным дополнением к городскому и внегородскому планированию. Будучи важными рабочими инструментами для правительств и консультантов, модели дорожного движения привлекают большое внимание академических и других аналитиков. Наибольший интерес представляют модели городского движения, помощью которых можно эффективно решить задачу городских пробок. Помимо этого, моделирование трафика также необходимо для планирования и инвестирования в развитие транспортных сетей.

Организация дорожного движения сильно продвинулась в последнее время. Активно проектируются и применяются различные методы управления потоками транспорта, регулировки светофоров, расстановки, дорожных знаков и нанесения разметки. Однако из-за сложности системы транспортных потоков аналитические подходы могут не дать желаемых результатов. Поэтому модели движения транспортных средств (имитационные), предназначенные для описания поведения сложной системы транспортных потоков, стали важнейшим инструментом анализа и экспериментов. В зависимости от типа модели, область применения этих моделей очень широка, например:

- оценка альтернативных методов управления (динамического) движением;

- проектирование и тестирование новых транспортных объектов (например, геометрических конструкций);
- модели операционных потоков, которые служат в качестве субмодуля в других инструментах (например, управление и оптимизация движения на основе моделей и динамическое распределение движения);
- подготовка специалистов по управлению дорожным движением.

Современные методы организации дорожного движения

Наиболее эффективным инструментом влияния на трафик является управление светофорами. В настоящее время происходит переход от жестких требований, которые регламентируют длительность цикла светофора и группировку периодов с использованием усредненных показателей транспортного потока, к адаптивным методам переключения сигналов светофора в соответствии с мгновенным определением насыщенности транспортного потока. В [1] рассмотрены алгоритмы управления перекрестками, как локальные, так и сетевые, где уже множество светофоров работают как одно целое, указаны способы их практического использования, а также раскрыта тема интернета вещей (Internet of Things) в управлении транспортом, в частности, как данные технологии используются в регулировании и сборе

информации о движении транспорта. В [2] проведено исследование, целью которого было оценить возможность реализации параллельных вычислений с использованием интеллектуальных методов анализа данных. Авторы пришли к выводу, что этот алгоритм моделирования транспортных потоков и сетей может найти свое применение для составления прогноза доступности транспортных узлов.

Отдельного внимания в рамках организации общественного пассажиропотока заслуживают перевозки с применением железнодорожного транспорта. Вопросы, связанным с моделированием пассажирского трафика на железной дороге посвящены труды [3, 4]. В качестве инструментов прогнозирования авторами предлагается использовать гибридную модель, которая предполагает проведение декомпозиции временных рядов с последующим использованием обучения с подкреплением. Также детально описывается усовершенствованный алгоритм оптимизации роя частиц (IPSO).

Заслуживает внимания тот факт, что иногда в процессе построения моделей, авторы ставят перед собой несколько целей, направленных на оптимизацию дорожного трафика. Например, в [5] комплекс целей включает в себя снижение расходов пассажиров на проезд и уменьшение затрат времени на эксплуатацию автобусов. В [6] предложено решение для достижения триумврата целей: экономия издержек на транспорт, снижение выбросов углекислого газа и уменьшение количества используемых ресурсов. Основу предложенного решения в данном случае составляет комбинация метода энтропийного веса и идеальной точки. В [7] с целью снижения выбросов углекислого газа и экономии энергии описана процедура использования алгоритма NSGA-II. Данный алгоритм может найти свое применение как непосредственно при моделировании дорожного движения, так и в процессе обоснования транспортных проектов строительства.

Оптимизация дорожного трафика с помощью искусственного интеллекта

Нейронные сети и искусственный интеллект также часто применяется при решении задач оптимизации дорожного трафика. Например, в [8] представлены результаты комплексного анализа пешеходного и дорожного трафика на регулируемом перекрестке. Аналитическим инструментом в данном случае были нейронные сети, которые анализировали данные видеопотока, генерируемого камерами уличного наблюдения. По результатам исследования был предложен новый подход, позволяющий достигнуть оптимизации пропускной способности узлов. Основу данного подхода составляет интеллектуальная технология, описывающая взаимодействие дорожной инфраструктуры с транспортным потоком

Результаты, изложенные в [9] содержат в себе описание программы, которая позволяет осуществлять подсчет автомобилей на перекрестках с использованием модели YOLO.

В [10] авторами показаны результаты разработки имитационной модели, которая реализована в среде AnyLogic. Данная модель описывает поведение интеллектуальной транспортной системы «умного города», которая реализует адаптивное управление светофорами. В [11–14] также представлены методы управления дорожным движением и планирования фазы сигнала светофора.

Мультиагентный подход в задачах оптимизации дорожного трафика

Также для решения задачи оптимизации дорожного трафика предлагается рассмотреть мультиагентный метод. Сложность данного подхода заключается в гетерогенности компонентов системы и стохастичности окружающей среды. В [15–16] рассмотрены проблемы проектирования и управления интеллектуальными информационными агентами. В [17] приведена архитектура планирования сервис-ориентированных систем в условиях неопределенности. В [18–20] показано как данный подход может быть применен при решении прикладных задач.

При проектировании мультиагентных систем можно столкнуться с рядом проблем. К примеру, одной из целей группы агентов, отвечающих за дорожный трафик, является минимизация заторов, то есть минимизация количества машин, которые с низкой скоростью движутся по некоторому участку трассы. Оптимальным решением данной задачи будет запрет передвижения транспорта по этому участку, что гарантирует отсутствие заторов, но фактически приводит к ещё худшим последствиям. Другим примером может быть задача максимизации пропускной способности дорожной сети, то есть увеличение количества транспорта, проходящего в единицу времени. Оптимальным решением данной задачи может быть увеличение площади дорожного полотна, и для достижения максимального результата, система может предложить снести любые здания и парки в городе и на их месте построить дорогу.

Следовательно, система должна быть построена так, чтобы при принятии решений одним агентом или группой агентов, отражающих действия субъектов управления городом, резко не ухудшились бы показатели качества функционирования других агентов. Помимо этого, необходимо точно понимать, что именно берется в качестве целей. В случае оптимизации дорожного трафика, максимизация количества автомобилей, передвигающихся в единицу времени, будет не самой лучшей

задачей, так как не будет учитываться пассажиропоток общественного транспорта, который перевозит гораздо большее количество людей, чем личный автомобиль.

Заключение

Ввиду вышеописанных проблем выявление оптимальной функциональности для каждого компонента системы при проектировании архитектуры мультиагент-

ных систем в решении задач оптимизации дорожного трафика является актуальной задачей.

Приведённые методы и формализации могут быть масштабированы и для решения других задач управления городом, а также решить проблему преодоления неопределённости при принятии решений и повысить эффективность управления дорожным трафиком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елькин Д.М., Вяткин В.В. // На пути к интернету вещей в управлении транспортными потоками: обзор существующих методов управления дорожным движением // Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. С. 100–113.
2. Сое Мое Аунг, С.А. Лупин, Д.А. Федяшин, Ба Хла Тхан. // Использование параллельных вычислений в интеллектуальной системе управления транспортными сетями // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 5, no. 2. 2017. С. 9–3.
3. Jinxin Wu, Deqiang He, Xianwang Li, Suiqiu He, Qin Li, Chonghui Ren // A Time Series Decomposition and Reinforcement Learning Ensemble Method for Short Term Passenger Flow Prediction in Urban Rail Transit // Springer. Urban Rail Transit. 2023.
4. Dingyuan Fan, Fei Yang, Jinghao Ji and Zexi Zhang // Research on Railway Passenger Volume Forecast Based on the Spline Interpolation and IPSO-Gradient Difference Acceleration Rule // Hindawi. Journal of Advanced Transportation. 2022. Volume 2023.
5. Shuai Liu, Lin Liu, Dongmei Pei, Jue Wang. // Bi objective bus scheduling optimization with passenger perception in mind // Nature Portfolio. Scientific Reports. 2023. № 13. P. 87–98.
6. Zhang, W.; Song, Y.; Zhou, G.; Song, Z.; Xi, C. Multiobjective-Based Decision-Making for the Optimization of an Urban Passenger Traffic System Structure // Sustainability. 2023. № 15. P. 13–21.
7. Xinguang Li, Jun Zhan, Fuquan Pan, Tong Lv, Shen Wang A multi objective optimization model of urban passenger transportation structure under low carbon orientation considering participating subjects // Springer Nature. Environmental Science and Pollution Research. 2023. № 87. P. 112–117.
8. Шепелев В.Д., Альметова З.В., Моор А.Д., Берстенева В.И. Оптимизация работы адаптивных светофоров на основе использования машинного зрения. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2020. Т. 14, № 1. С. 189–196.
9. Расулмухамедов М.М., Ташметов К.Ш. Оптимизация управления транспортным потоком на перекрестках с помощью нейронной сети. // Intellectual Technologies on Transport. 2023. No 51. С. 92–96.
10. Бекларян А.Л., Бекларян Л.А., Акопов А.С. Имитационная модель интеллектуальной транспортной системы «умного города» с адаптивным управлением светофорами на основе нечеткой кластеризации // Бизнес-информатика. 2023. Т. 17. № 3. С. 70–86. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.3.70.86.
11. Li L., Wen D., Yao D. A survey of traffic control with vehicular communications // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2014. Vol. 15. No. 1. P. 425–432.
12. Wang C., Wei X., Gao M., Zhu C., Wang R., Chen W. Traffic signal phase scheduling based on device-to-device communication // IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 47636–47645.
13. Tong W., Pan Z., Liu K., Yali Y., Xiumin W., Huawei H., Wu D.O. Multi-agent deep reinforcement learning for urban traffic light control in vehicular networks // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2020. Vol. 69. No. 8. P. 8243–8256.
14. Lin W-H., Wang C. An enhanced 0-1 mixed-integer LP formulation for traffic signal control // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2004. Vol. 5. No. 4. P. 238–245.
15. Wang, C.; Wang, J.; Wu, P.; Gao, J. Consensus Problem and Formation Control for Heterogeneous Multi-Agent Systems with Switching Topologies // Electronics. 2022. № 11. P. 25–30.
16. Nadir K. Salih, Tianyi Zang, G.K. Viju, Abdelmotalib A. Mohamed.: Autonomic Man-agement for Multi-agent Systems // IJCSI International Journal of Computer Science Issues. 2022. Vol. 8, Issue 5, No 1. P. 338–341.
17. Filipe Alves, Ana Maria A.C. Rocha, Ana I. Pereira, Paulo Leitao.: Distributed Scheduling Based on Multi-agent Systems and Optimization Methods. F. De la Prieta et al. (Eds.): PAAMS 2019 Workshops, CCIS 1047, 313–317.
18. Пелих Д.А., Птицына Л.К. Мультиагентные системы в управлении городскими ресурсами. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. // XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С.И. Макаренко; сост. В.С. Елагин, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 4. С. 690–694.
19. Бондаренко И.Б., Литвинов В.Л., Пелих Д.А., Рожкова Д.А., Филиппов Ф.В. Designing the Architecture of a Multi-agent CityManagement System Using Advanced Object-Oriented Modeling // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Digital and Information Technologies in Economics and Management» (DITEM2023). 2023. № 23. P. 106–117. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-55349-3_9
20. Бондаренко И.Б., Пелих Д.А. Мультиагентное планирование в управлении городской инфраструктурой // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов: в 2 т. Т. 1. Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2023. С. 365–368. URL: <http://pkm.sut.ru/documents/Сборник%20лучших%20докладов%20конференции%20ПКМ-2023%20Том%201.pdf>