

УДК 004.9

doi 10.54708/22259309_2025_233125

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

А. Ф. Шаймарданов¹, Е. Ю. Сазонова²

¹ aigiz2001@list.ru, ² ekaterina_rassadnikova@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия

Аннотация. Статья представляет собой аналитический обзор методов и алгоритмов прогнозирования транспортных потоков (ТП), существующего программного обеспечения и возможностей его усовершенствования.

Ключевые слова: задача прогнозирования; транспортные потоки; машинное обучение; интеллектуальные транспортные системы; системы управления движением.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире транспортные системы играют ключевую роль, поддерживая мобильность населения и эффективность экономической деятельности городов и стран. Однако с расширением городских агломераций и ростом количества транспортных средств возникают трудности в управлении ТП, что приводит к таким проблемам, как пробки, усиленное загрязнение воздуха и увеличение времени на дорогу.

Прогнозирование ТП – важная задача для планирования и управления транспортной инфраструктурой. Точность прогноза напрямую влияет на эффективность транспортной системы, оптимизацию движения и безопасность дорожного движения. Сложность прогнозирования заключается в необходимости учитывать множество переменных: от погодных условий до изменений социально-экономического статуса региона.

Аналитический обзор моделей и методов прогнозирования транспортных средств позволит оценить эффективность существующих подходов и выявить слабые места с целью разработки новых и более точных моделей и методов.

Прогнозирование транспортных потоков – это ключевая задача для планирования и управления транспортной инфраструктурой. Точность прогнозов напрямую влияет на эффективность транспортных систем, оптимизацию движения и безопасность дорожного движения. Сложность прогнозирования заключается в необходимости учета множества переменных: от погодных условий до изменений в социально-экономической ситуации в регионе.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Исследования в области прогнозирования трафика охватывают широкий спектр методов, от статистических моделей до сложных алгоритмов машинного обучения. Посмотрим на некоторые из них. В статье, опубликованной в журнале «Интеллект. Инновации. Инвестиции» [1] в 2022 г., была представлена интеллектуальная модель прогнозирования плотности трафика с использованием методов многомерной линейной регрессии и регуляризации. Разработанная модель позволяет предусмотреть количество проезжающих транспортных средств за единицу времени. Полученные результаты позволяют заранее определять места с

повышенной нагрузкой транспортной сети для оптимизации движения транспортного средства (ТС) на различных перекрестках улично-дорожной сети (УДС).

Преимущества этого метода заключаются в следующем: метод многомерной линейной регрессии позволяет учитывать влияние различных факторов на плотность трафика. Для повышения эффективности прогнозов можно использовать такие методы регуляризации, как Ridge, Lasso и ElasticNet.

Также необходимо отметить недостатки данного метода. Многомерные модели линейной регрессии предполагают линейную зависимость между переменными, но это не всегда верно в реальных условиях декоммунизации, и если параметры регуляризации выбраны неправильно, метод может привести к недостаточному обучению.

Статья, опубликованная в журнале «Компьютерная оптика» [2], знакомит с методами, использующими методы машинного обучения и с построением моделей прогнозирования временных рядов. Для описания пространственно-временного состояния распределения транспортных потоков применяется метод главных компонент, а для создания базовых прогнозов используются метод опорных векторов и метод потенциальных функций.

Достоинствами композиции методов являются комплексность, адаптивность и применимость, то есть метод использует композицию различных методов и моделей, что позволяет учесть различные аспекты проблемы и улучшить точность прогнозирования; адаптивно комбинирует различные элементарные прогнозы, что позволяет улучшить точность прогноза и может быть применен для анализа и прогнозирования ТП в сети большого города.

К недостаткам можно отнести сложность (метод является трудным для понимания и реализации); требования большого объема данных для обучения и прогнозирования; значительные вычислительные затраты, которые связаны с использованием нескольких методов и моделей.

В статье [3] был рассмотрен метод «численно-вероятностного анализа», который используется для прогнозирования времени прибытия ТС. Он считается эффективным в решении проблемы, но его сложно реализовать, а обучение требует большого количества данных.

Автор статьи [4] представила методы чёткой и нечёткой регрессии. В качестве данных для моделирования были взяты изменчивые в течение исследуемых периодов пассажиропотоки – железнодорожный и воздушный. Чёткая регрессия основана на предположении точной зависимости между зависимой переменной и независимыми. Она строит математическую модель, которая наилучшим образом описывает эту зависимость.

К достоинствам данного метода можно отнести простоту интерпретации и широкое применение.

К недостаткам можно отнести ограниченность, которая выражается в неспособности учесть нелинейные отношения между переменными или взаимодействия между ними; соответствие данных определенным статистическим предположениям, таким как нормальность ошибок.

Еще одним методом регрессии является нечёткая регрессия, которая использует нечёткую логику для моделирования неопределённости и неточности в данных. Таким образом, это позволяет учесть неопределённость и неточность в данных, что может быть полезно в условиях неопределённости. К достоинствам нечеткой регрессии можно отнести учёт неопределённости, то есть модель способна учесть неопределённость и неточность в данных; гибкость, которая выражается в моделировании сложных и нелинейных отношений между переменными.

К недостаткам нечёткой регрессии относят сложность интерпретации и значительные вычислительные затраты.

В диссертации [5] автор рекомендует применять математические модели и адаптивные методы для краткосрочного прогнозирования динамики транспортных потоков и

передвижения отдельных транспортных средств в транспортных сетях. Были исследованы следующие модели временных рядов: сезонная модель ARIMA и векторная модель VARMA.

В статье [6] автор применил робастный прогноз параметров транспортного потока для решения задач адаптивного управления трафиком. В работе предлагается метод надежной оценки плотности движения, использующий модель LightGBM, построенную на алгоритме градиентного бустинга. В наборе функций учитывались задержки при интенсивном движении, дата и время получения данных, отметки выходных дней и идентификатор группы полос. Для обеспечения надежности прогноза использован метод LOWESS при вычислении функции ошибки скорректированных временных рядов, основываясь на входных данных первого нескорректированного временного ряда. Модели, обученные на реальных данных, позволяют отфильтровывать стохастические вариации и выбросы измеренных, чтобы иметь надежные характеристики при прогнозировании плотности трафика. В то же время он различал характеристики дневного профиля рабочих дней и выходных во всех группах групп, и прогнозируемая задержка наблюдалась только в том случае, если наблюдаемая интенсивность имела значительное отклонение от суточной тенденции.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

В области прогнозирования трафика существуют множество программных решений. Давайте посмотрим на некоторые из них. PTV Vision Traffic Suite – набор программных продуктов, которые широко используются для решения транспортных проблем во многих странах, таких как США, Польша, Германия и др. Основой этого набора являются два компонента: VISUM и VISSIM12. VISUM используется для макроуровневого моделирования транспортной инфраструктуры, визуализации сетей, анализа и оценки транспортных систем, прогнозирования событий и создания платформ для информационных систем. VISSIM применяется для планирования движения на перекрестках. TransNet – это российская программа, используемая для моделирования спроса на перевозки, отвечающего международным стандартам. Он предназначен для прогнозирования автомобильного и пассажирского потока в транспортной сети на основе математического моделирования. TransNet является полностью отечественной разработкой и имеет высококачественный российский интерфейс и документацию в соответствии с российскими стандартами. Несмотря на наличие программных средств прогнозирования транспортных потоков, остается актуальной задача разработки и совершенствования программного обеспечения. Усовершенствование существующего программного обеспечения (ПО) для прогнозирования транспортных потоков может включать в себя следующие аспекты:

- Интеграция с новыми источниками данных: современные технологии, такие как интернет вещей (IoT), предоставляют новые источники данных, которые могут быть использованы для улучшения точности прогнозов. Например, данные от датчиков на дорогах, информация о погоде, социально-экономические данные и другие могут быть интегрированы в ПО для улучшения его производительности.

- Улучшение алгоритмов прогнозирования: применение новых методов машинного обучения и искусственного интеллекта может улучшить точность прогнозов. Например, глубокое обучение и нейронные сети могут быть использованы для моделирования сложных нелинейных зависимостей в данных.

- Улучшение пользовательского интерфейса: удобный и интуитивно понятный пользовательский интерфейс может сделать ПО более доступным для пользователей. Это может включать в себя улучшение визуализации данных, упрощение процесса настройки параметров прогнозирования.

- Расширение функциональности: добавление новых функций, таких как возможность проведения сценарного анализа, могут сделать ПО более полезным для пользователей. Также это может помочь пользователям лучше понять влияние различных факторов на транспортные потоки и принимать более обоснованные решения.

– Обеспечение безопасности и конфиденциальности данных: усиление мер безопасности для защиты данных пользователей и обеспечение соответствия нормам конфиденциальности также является важным аспектом усовершенствования ПО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитический обзор показал, что область прогнозирования транспортных потоков активно развивается, и новые исследования могут привести к значительным улучшениям в управлении транспортной инфраструктурой. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы обеспечить более эффективное и безопасное движение в условиях постоянно растущего числа транспортных средств.

Необходимо также подчеркнуть практическое значение прогнозирования ТП, поскольку оно играет существенную роль в области транспортной инженерии и находит широкое практическое применение:

– Организация транспортных систем: прогнозирование транспортных потоков помогает в планировании авиаперевозок и определении новых востребованных маршрутов, что помогает в планировании инфраструктуры транспортной сети.

– Управление движением: прогнозы по транспортным потокам могут применяться для оптимизации управления транспортом, таких как корректировка циклов светофоров и распределение общественного транспорта.

– Предоставление услуг участникам дорожного движения, таких как предсказание времени прибытия общественного транспорта и определение оптимальных маршрутов.

– Безопасность: точная и своевременная оценка параметров ТП играет важную роль в работе интеллектуальных систем управления транспортом. Это способствует прогнозированию и предотвращению аварийных ситуаций, а также снижению числа смертей на дорогах.

– Развитие городского транспорта: прогнозирование транспортных потоков также играет важную роль в разработке моделей потока движения будущего маловысотного воздушного городского транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болодурина И. П., Анциферова Л. М., Гришина Л. С.** Интеллектуальная модель прогнозирования интенсивности движения транспортных средств на перекрестке. [Электронный ресурс] // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. № 6. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnaya-model-prognozirovaniya-intensivnosti-dvizheniya-transportnyh-sredstv-na-perekrestke> (дата обращения: 17. 04. 2024)
2. **Агафонов А. А., Мясников В. В.** Оценка и прогнозирование параметров транспортных потоков с использованием композиции методов машинного обучения и моделей прогнозирования временных рядов. [Электронный ресурс] // КО. 2014. № 3. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-i-prognozirovanie-parametrov-transportnyh-potokov-s-ispolzovaniem-kompozitsii-metodov-mashinnogo-obucheniya-i-modeley> (дата обращения: 18. 04. 2024)
3. **Филимонов Р. Н.** Анализ подходов к прогнозированию параметров транспортных потоков. [Электронный ресурс] // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2015. № 26. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podhodov-k-prognozirovaniyu-parametrov-transportnyh-potokov> (дата обращения: 18. 04. 2024)
4. **Маренкова А. В.** Решение задачи прогнозирования развития транспорта с использованием нечеткой логики. [Электронный ресурс] // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности [S.I.]. 2023. Vol. 8. N. 11(37). P. 021–025. ISSN 2500-1752. Режим доступа: <http://openaccessscience.ru/index.php/ijcse/article/view/469> (дата обращения: 18. 04. 2024)
5. **Агафонов А. А.** Математические модели и адаптивные методы краткосрочного прогнозирования параметров дорожного движения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/matematicheskie-modeli-i-adaptivnye-metody-kratkosrochnogo-prognozirovaniya-parametrov-doroz> (дата обращения: 18. 04. 2024)
6. **Власов А. А.** Робастное прогнозирование интенсивности движения транспортных потоков. [Электронный ресурс] // IJAS. 2022. № 2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/robastnoe-prognozirovanie-intensivnosti-dvizheniya-transportnyh-potokov> (дата обращения: 18. 04. 2024)
7. **Новиков И. А.** Методология прогнозирования и предупреждение дорожно-транспортных происшествий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-prognozirovaniya-i-preduprezhdeniya-dorozhno-transportnykh-proisshествий> (дата обращения: 18. 04. 2024)

ОБ АВТОРАХ

ШАЙМАРДАНОВ Айгиз Фанузович, магистрант 2-го курса каф. выч. математики и кибернетики ИИМРТ, УУНИТ. Дипл. бакалавра по направлению подготовки «Программная инженерия» (УУНИТ, 2023).

САЗОНОВА (РАССАДНИКОВА) Екатерина Юрьевна, доц. каф. выч. математики и кибернетики. Дипл. экон.-мат. (УГАТУ, 2011). Иссл. в обл. поддержки принятия решений при управлении сложными объектами.

METADATA

Title: Analytical review of research in the field of traffic flow forecasting.

Authors: A. F. Shaymardanov¹, E. Yu. Sazonova²

Affiliation: Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia

Email: ¹ aigiz2001@list.ru, ² ekaterina_rassadnikova@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (33), pp. 125-129, 2025. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article is an analytical review of methods and algorithms for predicting traffic flows (TF), existing software and possibilities for its improvement.

Key words: forecasting problem; traffic flows; machine learning; intelligent transport systems; traffic management systems.

About authors:

SHAYMARDANOV Aigiz Fanuzovich, 2nd year master's student, department. calc. mathematics and cybernetics IIMRT, UUST. Dipl. Bachelor's degree in «Software Engineering» (UUST, 2023).

SAZONOVA (RASSADNIKOVA), Ekaterina Yurevna, Associate Professor of department calc. mathematics and cybernetics. Dipl. economical-mat. (USATU, 2011). Research in region decision support in managing complex objects.