



Управление дорогами с математической точностью



Лариса Андреевна Каргина

Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ kargina_larissa@hotmail.com.

Лариса КАРГИНА

АННОТАЦИЯ

Параскевов А. В. Совершенствование управления дорожным движением на основе использования математических и инструментальных методов экономики / А. В. Параскевов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 84 с. ISBN 978-5-9729-1283-4.

Настоящая статья представляет собой рецензию на монографию «Совершенствование управления дорожным движением на основе использования математических и инструментальных методов экономики», подготовленную

старшим преподавателем кафедры компьютерных технологий и систем Кубанского государственного аграрного университета им И. Т. Трубилина Параскевовым А. В., вышедшую в издательстве «Инфра-Инженерия». В работе обобщён и систематизирован обширный материал по инновационным методам совершенствования управлением уровня транспортной загруженностью. Также рассматривается приложение для автомобилистов, которое призвано строить оптимальные маршруты с учётом актуальной ситуации на дорогах города.

Ключевые слова: управление дорожным движением, экономико-математические методы.

Для цитирования: Каргина Л. А. Управление дорогами с математической точностью // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 4 (107). С. 142–145. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-4-16>.

Полный текст рецензии на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the review article in English is published in the second part of the issue.

Вопросы транспортных потоков являются актуальными на протяжении многих десятилетий – уже в 1950-х годах американские исследователи рассматривали возможность возникновения заторов на дорогах. Глубокие исследования по рассматриваемой тематике были выполнены такими учёными, как С. Дрю, Р. Дональд, Т. Метсон, Х. Иносэ, Т. Хамада, – они всесторонне изучали аспекты управления транспортными потоками, привнося в решение проблемы собственное видение. В настоящее время заторы на дорогах являются глобальной проблемой больших городов – в большинстве своём они застраивались стихийно, бессистемно, а во время строительства дорог не производился расчёт наличия автотранспорта в перспективе. Действительно, на текущий момент существуют меры борьбы с пробками, автор монографии перечисляет основные:

- 1) работа светофоров в режиме «зелёной волны»;
- 2) организация движения большегрузных автомобилей по объездным дорогам;
- 3) строительство дублёров городских дорог;
- 4) обеспечение максимальной видимости дорожных знаков для водителей;
- 5) организация обсуживающих работ в ночное время;
- 6) улучшение качества дорожного полотна;
- 7) установление дополнительных сигналов светофора для поворотов;
- 8) регулирование дорог при помощи ввода тарифов.

Монография «Совершенствование управления дорожным движением на основе использования математических и инструментальных методов экономики» посвящена решению вопроса регулирования трафика с помощью введения оплаты дорожного проезда, однако, в то же время, автор отмечает необходимость комплексного подхода. Ключевая позиция заключается в том, что после того, как потенциальный спрос на поездки будет настолько высок, чтобы стать причиной пробок, то будут расти и расходы на поездку, в результате чего произойдет снижение результативного спроса на поездки и затраты будут уравновешены, что приведёт к равновесию очередей на транспортной сети. Создание замещающих платных маршрутов обеспечивает водителю проезд без пробок (т. е. без потери времени), однако этого недостаточно для того, чтобы удерживать величину потока в пределах пропускной способности (количество автомобилей, которое может пропустить конкретный участок дороги за единицу времени, обеспе-

чивая при этом заданную скорость и безопасность движения).

В первой части монографии подробно рассматривается история развития дорожного движения на примере города Краснодар. Автор приводит анализ (данные на основе наблюдений за проблемными участками) временных рамок, в которые трафик наиболее загружен; так, два самых пиковых периода – утро и вечер. Вопреки тому, что вывод о том, что пробки возникают из-за графика работы, казалось бы, очевиден, автор акцентирует внимание на ошибочности данного суждения – проблема в действительности является совокупностью многих факторов и может быть решена исключительно системным подходом и введением целого комплекса мер. Для наглядности в монографию не только карты включены с территориальным делением наиболее проблемных в плане дорожного трафика районов и жилых массивов Краснодара – автор «разбивает» их на графы и подграфы, на которых отчетливо видны транспортные потоки, возможные маршруты. Проблемы и стоп-факторы сигнализируют о том, что текущее состояние дорожного движения едва ли можно назвать удовлетворительным, а их наличие в целом становится причиной упущения возможной прибыли как городом, государством, так и участниками движения. Кроме того, речь идёт о моральном и экологическом уроне, наносимым некачественным распределением дорожного трафика; исследования показывают, что частое пребывание в пробках может нанести серьёзный вред здоровью человека. Приемлемая городская среда – сложное понятие, которое напрямую зависит от удовлетворенности потребителей, достижение которого в условиях крупных городов едва ли представляется возможным – показатели пропускной способности будут различаться в населенных пунктах свыше миллиона человек и ниже ста тысяч. В монографии приводятся различные меры по уменьшению пробок с учётом специфики города: в Краснодаре действительно функционирует система управления дорожным трафиком, однако меры, реализуемые в её рамках, недостаточны для обеспечения бесперебойной работы.

Для равномерного развития и стабильного функционирования всех элементов инфраструктуры, а также повышения её эффективности требуется внедрение качественных, экономически обоснованных и системных решений. Введение платы на определённых участках дороги приведёт к тому, что водители будут либо искать альтернативный маршрут, либо оплачивать проезд.



Вторая часть исследования посвящена современному состоянию городской транспортной инфраструктуры. Автор монографии предлагает собственную методику совершенствования управления дорожным движением на основе классификации по двум компонентам – кластеризации и поясняющему. Результатом такого моделирования и введения тарифов становится значительное уменьшение пробок благодаря «замене» потери времени эквивалентной платой за её снижение. Сама методика включает пять этапов:

- 1) определение переменных для дорожных сегментов;
- 2) генерацию кластеров сегментов в пределах дорожной сети;
- 3) классификацию всех сегментов дорожной сети на кластеры;
- 4) присвоение категории уровня загруженности каждому кластеру;
- 5) масштабирование кластерного подхода в пределах всей городской инфраструктуры.

Верхний уровень анализа заключается в сборе информации об уровне транспортной загруженности, он зависит главным образом от данных геоинформационных систем – именно из них в дальнейшем строится набор сегментов и пересечений; они становятся переменными для кластеризации компонентов. Факторами загруженности являются восемь переменных: ширина проезжей части, количество полос для движения, наличие велосипедной инфраструктуры, присутствие грузовых транспортных средств, средняя скорость движения, плавность потока, перегруженность, размер транспортного потока (для их расчета автор предоставляет формулы). После необходимо провести кластеризацию с репрезентативным подмножеством сети для определения сегментов с аналогичными характеристиками. По результатам классификации сегментов устанавливается вероятность принадлежности сформированного сегмента к конкретному кластеру. В дальнейшем кластеру присваивается категория уровня транспортной загруженности (важным аспектом является учет контекста и статистики конкретного места).

К безусловному достоинству монографии можно отнести большое количество иллюстрационного материала – в работе приведено достаточное количество карт, схем, графиков. Так, методика представлена схематично для её наибольшего понимания, а переменные – в табличном виде.

Наибольший интерес представляет кластерный анализ. Его ключевая цель – найти группи-

ровки сегментов дорог на основе выше указанных переменных. Главная характеристика сегментов внутри кластеров – схожесть между собой при отличии от составляющих других кластеров. Первый шаг кластерного анализа – нормализация переменных отрезков дороги (автор предлагает использовать метод скорнинга для преобразования непрерывных переменных). Далее необходимо составить матрицу близости, которая определяет степень схожести между сегментами дороги. В методике используется алгоритм «K-medoids», который атрибутирует все рассматриваемые элементы с использованием разбиения – один из самых надёжных алгоритмов, который работает с непрерывными и дискретными переменными. Подсчёт среднего проверяет корректность классификации внутри кластеров, так, наибольшие значения указывают на правильность произведенных ранее действий. Оптимальное количество кластеров может быть разным.

В монографии рассматриваются важные аспекты предлагаемой методики. С учетом большого количества сегментов дорожной сети, требуется масштабирование (возможность работать под большой нагрузкой). Методика позволяет не только масштабировать модель, но и прогнозировать влияние колебаний переменных на классификацию уровней загруженности того или иного сегмента. Также изучен способ интерпретации кластеров через рассмотрение уровня транспортной загруженности – анализ показателей.

Кроме того, автор рассматривает международный опыт управления транспортным движением. На основе большого количества собранной информации получено подтверждение состоятельности предлагаемой методики.

В заключительном разделе монографии приводится обзор организационно- и экономико-математических методов решения рассматриваемой проблемы. В первую очередь описан спрос на каждом отрезке «отправление-прибытие» – он представляет собой функцию общих затрат на поездку. Также вводится уравнение ограничения пропускной способности, которое учитывает ограничение спроса, ограничение для сохранения потока транспортной сети, ограничение пропускной способности и условие неотрицательности транспортного потока.

Для внедрения предлагаемой модели необходимо соответствующее программное обеспечение, работающее в режиме реального времени. Так, автор монографии определяет перечень требований к нему:

- 1) определение максимального времени отклика системы и обеспечение реакции;
- 2) определение приоритетности обрабатываемых задач;
- 3) многозадачность, допускающая переключение между задачами по мере необходимости;
- 4) непрерывная работа в течение длительного времени.

Пользовательский интерфейс также должен отвечать ряду требований, чтобы быть максимально удобным в использовании:

- 1) удобство в использовании водителем (неброские цвета, не отвлекающий внимание, интуитивно понятный интерфейс, возможность голосового управления);
- 2) схожесть с интерфейсом других приложений-навигаторов для наиболее удобного ориентирования пользователя.

Главное отличие предлагаемого автором приложения – расчёт максимального лимита машин для каждой улицы в режиме реального времени: таким образом, навигатор будет предлагать водителю оптимальный маршрут. Построение маршрута строится на трех показателях в соответствии с их приоритетностью: в первую очередь – прогнозируемое время пути, во вторую – уровень транспортной загруженности в текущий момент, в третью – достижение допустимого лимита загруженности. В таком случае, пробки и время стремятся к минимуму, а загруженность дорожного движения достигает оптимального значения. Безусловно, для функционирования такого приложения требуется сбор данных. Автор монографии перечисляет необходимые источники, среди которых – актуальные карты города и трафика, информация о текущих и возможных ремонтных работах, количестве автомобилей на дорогах, камерах, знаках дорожного движения. Автор предполагает, что в дальнейшем приложение будет напрямую влиять на дорожную систему города путем распределения нагрузки между улицами города. В работе смоделировано взаимодействие потенциального пользователя с приложением, подробно описан пример построения маршрута, сравнение с предлагаемым «Яндекс.Навигатором».

Кроме того, для наглядности демонстрации эффективности внедряемой модели построен график изменения скорости по рассматриваемым

маршрутам на примере города Краснодар. При их сравнении становится очевидным – интуитивный маршрут, а также предлагаемый навигатором, не являются оптимальными с точки зрения затрачиваемого на дорогу времени. Преимуществом внедрения предлагаемого решения может стать не только разгрузка дорог, но и возможность прогнозирования времени, что является важным преимуществом, ведь время – важнейший ресурс, который каждый человек старается минимизировать.

Предлагаемый автором сервис по управлению загруженностью призван не только качественно улучшить транспортную ситуацию на дорогах, но и повысить безопасность поездок и значительно сократить время, затрачиваемое водителями на передвижение. Важно отметить, что методика поможет выявить слабые места городской инфраструктуры, проанализировать влияние новых элементов на динамику движения.

Монография представляет собой законченный научный труд, в котором предложена актуальная методика регулирования транспортного движения. Методика рассмотрена на примере Краснодара; дискуссионным является вопрос масштабирования метода на другие города – следовало бы более подробно остановиться на алгоритме подготовки к сбору данных при внедрении методики в других городах. Важно иметь ответы на вопросы: «Что должно являться отправной точкой для внедрения, какие проблемы могут сигнализировать о проблемах с трафиком движения? Можно ли внедрить методику на конкретных участках дороги или требуется масштаб города?». Тем не менее, предлагаемая методика действительно может быть применена в других регионах. Автор подробно описывает как внутреннюю работу приложения, так и взаимодействие с ним пользователя, можно сказать, подготовлено полноценное техническое задание для дальнейшей разработки.

Монография «Совершенствование управления дорожным движением на основе использования математических и инструментальных методов экономики» характеризуется научной новизной и практической ценностью: новый авторский подход действительно может быть применен для разрешения проблем заторов на дорогах. ●

Информация об авторе:

Каргина Лариса Андреевна – доктор экономических наук, заведующий кафедрой информационных систем цифровой экономики, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия, kargina_larissa@hotmail.com.

Статья поступила в редакцию 27.10.2023, принята к публикации 02.11.2023.

