

Управляемый данными анализ транспортных потоков в различных дорожных условиях

О.К. Головин¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В статье рассмотрены дорожные, организационные и погодные условия, влияющие на транспортные потоки. Предложен метод оценки влияния дорожных условий на транспортный поток с использованием подхода data-driven. Метод оперирует макроскопическими характеристиками транспортных потоков и детализованными данными о дорожных условиях. Предложенный метод реализован в программном обеспечении для технических систем управления транспортом. Приведены результаты анализа данных по скорости и интенсивности транспортных потоков в зависимости от погодных условий. Исходные данные для исследования получены из базы дорожных данных города Орхус (Дания). Результаты анализа показали, что метод эффективен для предсказания изменений, проходящих в транспортном потоке, при изменении влияющих дорожных условий.

1. Введение

Современные технические системы управления движением транспорта интегрируют в систему мониторинга средства сбора, хранения и анализа данных, поступающих с различных технических устройств [1]: датчиков транспортных средств, радарных детекторов, видеокамер, автоматических дорожных метеостанций. Система мониторинга непрерывно контролирует ряд параметров: скорость и присутствие транспортных средств, температуру воздуха и дорожного полотна, скорость и направление ветра. Данные, собранные в автоматическом режиме, применяются для адаптивного управления транспортным потоком (ТрП) с использованием различных моделей ТрП, позволяющих осуществлять оценку изменения характеристик ТрП от тех или иных воздействий [2].

Выделяют три класса моделей ТрП. Макроскопическая модель описывает ТрП в терминах усредненных характеристик [3]: плотность, интенсивность, средняя скорость. При таком подходе ТрП, движущийся по улично-дорожной сети (УДС), моделируется как движение жидкости [4]. Микроскопические модели описывают ТрП максимально детализовано [5]: движение каждого транспортного средства (ТрС) рассчитывается индивидуально. Микроскопическая модель позволяет достичь высокой адекватности описания движения ТрП по сравнению с макроскопической моделью, однако потребует больших вычислительных ресурсов [6]. Промежуточное место занимают мезоскопические модели [7], при которых ТрП описывается как состоящий из отдельных ТрС, однако характеристики их движения усреднены. Важное свойство мезоскопических моделей ТрП заключается в том, что на их основе можно оценивать как микро-, так и макропоказатели [8].

Для исследования поведения транспортного потока в различных ситуациях выполняют усложнение модели ТрП путем введения дополнительных параметров [9]. Описанные модели ТрП сосредотачиваются на изучении ТрП на отдельном прямолинейном участке УДС, в то время как причиной транспортных заторов, согласно [10], являются «узкие места», сформированные не только структурой УДС, но и различными меняющимися дорожными условиями. Поэтому важно использовать модель ТрП, адекватно описывающую поведение ТрП при прохождении «узких мест».

Например, для исследования поведения ТрП при достижении плотности насыщения и затора внедряется параметр, описывающий время прохождения участка УДС, равного длине ТрС, движущегося со скоростью свободного движения [11]. Для решения задач обеспечения безопасности движения в качестве дополнительного параметра может выступать эквивалентная дистанция, которая уменьшается с увеличением скорости (при одной и той же плотности), свидетельствуя об усложнении ситуации. В работе [12] предложена модель транспортного потока, базирующаяся на модели Танака, но учитывающая ограничение скорости в городе для удовлетворения требований безопасного движения. В работе [13] предложена модель прогнозирования на основе композиции машинного обучения и временных рядов. В [14] предложен подход к учету влияния на ТрП нескольких статичных «узких мест», но не рассмотрен вопрос их существования во времени.

С ростом количества и состава данных, которыми оперируют современные инновационные средства управления ТрП, модели ТрП должны модифицироваться [15]. Таким образом, модели ТрП начинают зависеть от данных и управляться ими (data-driven) [16]. Цель работы состоит в системном анализе данных, полученных из различных источников, например, с датчиков транспортных потоков, метеостанций, видеокамер, открытых медиа, для оценки влияния дорожных, организационных и погодных факторов на характеристики транспортных потоков.

2. Оценка влияния дорожных условий на транспортный поток

2.1. Дорожные условия

Укрупненно, дорожные условия, прямо или косвенно влияющие на транспортный поток, приведены на рисунке 1. Все остальные погодные, организационные и дорожные условия, так или иначе, приводятся к укрупненным условиям.



Рисунок 1. Дорожные условия, влияющие на транспортный поток.

Многообразие дорожных условий и их влияние на характеристики транспортных потоков учитывается с помощью функции вида:

$$Y = \alpha_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\lambda_i}, \tag{1}$$

где Y – параметр, характеризующий транспортный поток (средняя скорость, интенсивность, плотность); x_i – характеристика УДС или дорожных условий, влияющая на итоговый показатель Y ; λ_i – степень влияния характеристики x_i на Y ; α_0 – параметр приведения.

2.2. Транспортный поток

В задаче оценке влияния дорожных условий на ТрП не требуется выделять отдельное ТрС из потока, поскольку укрупненные условия влияют на ТрП в целом, что и обуславливает использование макроскопической модели.

В макроскопической модели параметры транспортного потока связаны между собой основным уравнением, отображаемым фундаментальной диаграммой, – функцией зависимости трех основных макропараметров: скорость $v(t, x)$, интенсивность $I(t, x)$, плотность $k(t, x)$:

$$v(t, x) = \frac{I(t, x)}{k(t, x)}, \tag{2}$$

$$I(t, x) = \frac{\partial Q}{\partial t}, \tag{3}$$

$$k(t, x) = \frac{\partial Q}{\partial x}, \tag{4}$$

$$I(t, x) = f(k(t, x)), \tag{5}$$

где Q – количество автомобилей, приближающихся к сечению участка УДС. Используемая фундаментальная диаграмма приведена на рисунке 2 [10, 17].

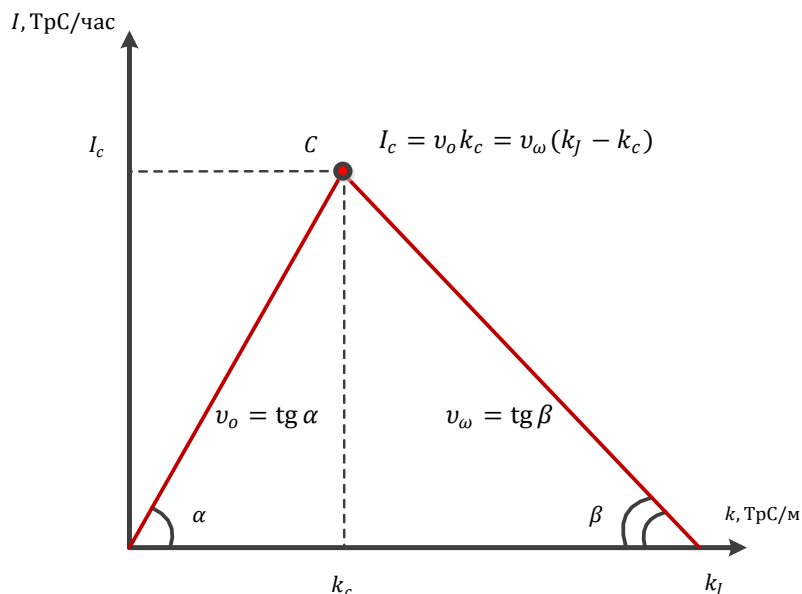


Рисунок 2. Используемая фундаментальная диаграмма транспортного потока.

2.3. Метод оценки влияния дорожных условий на транспортный поток

Метод оценки влияния дорожных условий на транспортный поток состоит из следующих этапов (рисунок 3).



Рисунок 3. Метод оценки влияния дорожных условий на транспортный поток.

Шаг 1. Формирование модели улично-дорожной сети.

Модель формируется из множества участков $\Theta = \{\theta_i^x\}$ различных типов с единым набором атрибутов (перегонов Θ^L , перекрестков Θ^S , тоннелей Θ^U , путепроводов Θ^O , железнодорожных переездов Θ^R , пешеходных переходов Θ^P), множества дуг $\tilde{E} = \{\tilde{e}_i\}$ и множества узлов $\tilde{V} = \{\tilde{v}_i\}$.

Шаг 2. Определение параметров участков, дуг, узлов.

Идентифицируются параметры графа УДС, приведенные на рисунке 1.

Шаг 3. Определение параметров фундаментальных диаграмм.

Определение макромоделей потока (2)–(5) для идентификации фундаментальных диаграмм (триады $I_C^{\tilde{e}_i}, v_0^{\tilde{e}_i}, v_w^{\tilde{e}_i}$ или $I_C^{\tilde{e}_i}, k_C^{\tilde{e}_i}, k_J^{\tilde{e}_i}$) для дуг $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$ графа УДС выполняется с помощью доступных на участках УДС технических средств мониторинга характеристик ТрП, таких как: датчики и системы видеомониторинга, базы данных натурных обследований, радарные детекторы и детекторы присутствия ТрС.

Для дуг УДС $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$, где данные о параметрах ТрП отсутствуют или недостоверны, основные параметры ТрП определим следующим образом. В качестве пропускной способности дуги $I_C^{\tilde{e}_i}$ выбираем максимальное значение интенсивности $I^{\tilde{e}_i}$ на дуге \tilde{e}_i среди доступных имеющихся результатов измерения (наблюдения) интенсивности $I^{\tilde{e}_i} \in \tilde{I}^{\tilde{e}_i}$.

Скорость свободного движения ТрП на дуге $v_0^{\tilde{e}_i}$ приравняем максимальной скорости движения на данном участке УДС, определенной Правилами дорожного движения или иными нормативно-правовыми документами страны размещения.

Критическая плотность $k_C^{\tilde{e}_i}$ ТрП на дуге вычисляется по:

$$k_C^{\tilde{e}_i} = \frac{I_C^{\tilde{e}_i}}{v_0^{\tilde{e}_i}}. \tag{6}$$

Максимальную плотность ТрП на дуге $k_J^{\tilde{e}_i}$ устанавливаем путём оценки максимального количества транспортных средств $Q^{\tilde{e}_i}$, которые могут разместиться на дуге \tilde{e}_i :

$$k_J^{\tilde{e}_i} = \frac{Q^{\tilde{e}_i}}{l^{\tilde{e}_i}}. \tag{7}$$

Такой способ оценки максимальной плотности $k_J^{\tilde{e}_i}$ может с высокой степенью достоверности применяться при наличии аэрофотоснимков, полученных с помощью методов дистанционного зондирования Земли, на которых зафиксировано заторовое состояние ТрП на исследуемом участке УДС (рисунок 4).

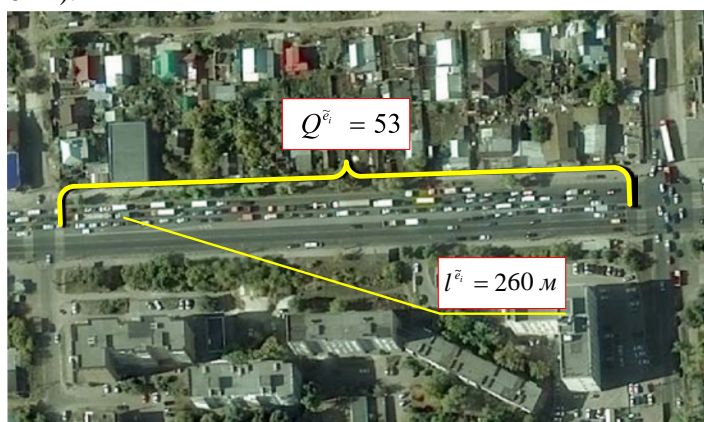


Рисунок 4. Оценка пропускной способности дуги.

Если на УДС установлены датчики интенсивности / плотности / скорости ТрП, то с помощью метода наименьших квадратов, примененного к точкам с известной интенсивностью и плотностью ТрП на фундаментальной диаграмме, находим скорость свободного движения $v_0^{\tilde{e}_i}$ и скорость распространения затора $v_w^{\tilde{e}_i}$ по дуге.

Если параметры ТрП на исследуемом участке УДС не удается установить, то используем параметры ТрП с соседних участков УДС для синтеза недостающих данных.

Шаг 4. Определение интенсивности транспортных потоков на въездах.

Для определения интенсивности ТрП на въездах $I_E^{\tilde{e}_i}(t) = I_R^{\tilde{e}_i}(t)$ на УДС воспользуемся алгоритмом, формирующим значения по закону Пуассона и учитывающим количество жителей и уровень автомобилизации в транспортном районе.

Шаг 5. Формирование распределительных матриц узлов.

Формирование распределительных матриц $V^{\tilde{v}_i}$ для всех узлов УДС $\tilde{v}_i \in \tilde{V}$ выполним с помощью алгоритма, анализирующего множества значений интенсивности ТрП $\tilde{I}^{\tilde{e}_m}$, $\tilde{I}^{\tilde{e}_n}$ на дугах \tilde{e}_m , входящих в узел \tilde{v}_i , и дугах \tilde{e}_n , выходящих из исследуемого узла \tilde{v}_i , соответственно.

Шаг 6. Идентификация модели воздействия дорожных условий.

Модель воздействия дорожных условий реализуется согласно (1).

Шаг 7. Моделирование и анализ результатов

Изменением параметров фундаментальных диаграмм дуг $I_C^{\tilde{e}_i}$, $v_0^{\tilde{e}_i}$, $v_w^{\tilde{e}_i}$, $I_C^{\tilde{e}_i}$, $k_C^{\tilde{e}_i}$, $k_J^{\tilde{e}_i}$ выполняется моделирование погодных явлений, инцидентов, управляющих воздействий. Изменением интенсивности на дугах-въездах $I_R^{\tilde{e}_i}(t)$ моделируются колебания в транспортном

спросе, возникающие из-за воздействия точек притяжения. Изменением распределительной матрицы $V^{\tilde{v}_i}(t) = (\beta_{m,n}(t))_{m=1..N}^{M..N}$ в узле \tilde{v}_i моделируется перенаправления ТрП, например, вследствие применения средств информационного обеспечения участников движения.

3. Результаты

3.1. Идентификация модели транспортного потока

Ввиду простоты идентификации, в работе используется фундаментальная диаграмма, предложенная [10, 17], которая определяется через максимальную пропускную способность дороги I_C , скорость свободного движения v_0 и скорость распространения затора v_w (рисунок 2).

Основные диаграммы ТрП, построенные по известным классическим моделям для экспериментальных данных, представлены на рисунке 5. Все модели предполагают наличие точки насыщения, где интенсивность достигает максимального значения. При дальнейшем увеличении плотности транспортного потока, интенсивность уменьшается.

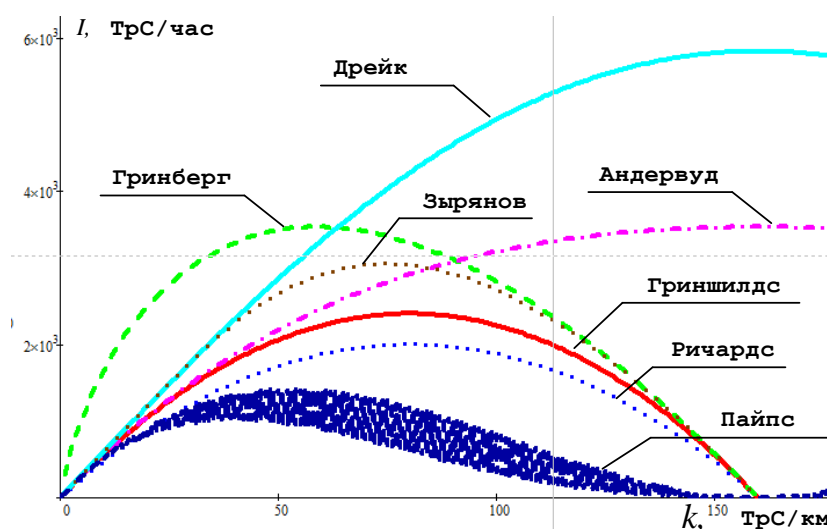


Рисунок 5. Сравнение фундаментальных диаграмм макромоделей.

Использованы данные по средней скорости и интенсивности (числу ТрС в единицу времени) движения ТрП, на основе которых может быть рассчитана плотность ТрП.

3.2. Программная реализация

Программное обеспечение, реализующее предложенный метод, функционирует в среде .NET Framework 4.5 и написано на языке C#. Графический интерфейс пользователя построен на основе WinForms и интегрируется в интеллектуальную транспортную систему ITS GIS [18]. Взаимодействие с сервисами интеллектуальной транспортной системы выполнено через протокол SOAP по технологии WCF.

Данные о ТрП и дорожных условиях для анализа получены из базы дорожных данных CityPulse для города Орхус (Дания) [19, 20]. Данные представлены в формате CSV и JSON. Интервал измерения характеристик ТрП – 5 минут. Замеры характеристик окружающей среды выполняются каждую 0, 20 и 50 минут часа.

Запись о ТрП содержит данные:

- статус измерения (наличие ошибок);
- среднее время прохождения участка УДС (с);
- средняя скорость (км/ч);
- количество ТрС.

Запись о дорожных условиях содержит погодные данные:

- точка росы (°C);
- влажность (%);
- атмосферное давление (миллибар);
- температура (°C);
- направление ветра (°);
- скорость ветра (км/ч).

Данные конвертируются в разработанное программное обеспечение с помощью функции непрерывной интеграции и импорта, обеспечивающей контроль целостности и непротиворечивости данных. Данные сопровождаются связанными атрибутивными данными, представляющими собой семантику объектов реального мира. Для систем, функционирующих на базе платформы ITSGIS с электронной картой, атрибутивные данные являются основными, географические – обеспечивают пространственную привязку [21]. Данные представляются в виде объектов домена (паттерн Domain Object) или объектов передачи данных (паттерн DTO) [22]. Для загрузки связанных данных в этих объектах применен паттерн проектирования Lazy Load, работающий через WCF с помощью SerializationSurrogate, прикрепляемого методами метапрограммирования [23].

3.3. Результаты использования

В разработанном программном обеспечении проведен ряд экспериментов с полученным набором данных, состоящим из 25 млн. записей. Полученные результаты использования предложенного метода позволили установить погодные условия, способствующие достижению максимального $I_{max} = 1538$ ТрС/ч и минимального $I_{min} = 12$ ТрС/ч значений интенсивности и максимального $V_{max} = 150.5$ км/ч и минимального $V_{min} = 11.6$ км/ч значений средней скорости транспортных потоков в среднем на участок УДС (таблица 1).

Таблица 1. Погодные условия для экстремумов характеристик транспортных потоков.

	Точка росы (°C)	Влажность (%)	Давление (миллибар)	Температура (°C)	Направление ветра (°)	Скорость ветра (км/ч)
I_{max}	1	87	1003	3	140	7.4
I_{min}	17	88	1012	19	280	11.1
V_{max}	11	73	1013	15	180	5.6
V_{min}	9	88	1013	11	210	5.6

Результаты оценки влияния отдельных погодных условий на ТрП: в таблице 2 – влияние дефицита точки росы, в таблице 3 – влияние атмосферного давления, в таблице 4 – скорость ветра. Рассмотрены наименьшие (Min), наибольшие (Max) и средние (Avg) значения, описывающих влияние погодных условий на ТрП. При этом выделяются максимумы и минимумы значений средней скорости и интенсивности в расчете на участок УДС.

Таблица 2. Влияние дефицита точки росы на характеристики транспортных потоков.

	Минимум интенсивности (ТрС/ч)	Среднее интенсивности (ТрС/ч)	Максимум интенсивности (ТрС/ч)	Минимум средней скорости (км/ч)	Среднее средней скорости (км/ч)	Максимум средней скорости (км/ч)
Min	14	38	1284	18.1	45.8	149.0
Avg	14	28	456	16.3	45.5	145.1
Max	13	25	300	14.2	44.1	138.6

Таким образом, влияние дефицита точки росы (таблица 2) является значительным: уменьшение дефицита приводит к увеличению пропускной способности (средней скорости и интенсивности) транспортных потоков.

Таблица 3. Влияние атмосферного давления на характеристики транспортных потоков.

	Минимум интенсивности (ТрС/ч)	Среднее интенсивности (ТрС/ч)	Максимум интенсивности (ТрС/ч)	Минимум средней скорости (км/ч)	Среднее средней скорости (км/ч)	Максимум средней скорости (км/ч)
Min	15	23	180	18.8	46.0	149.4
Avg	16	36	600	17.5	44.2	127.1
Max	16	72	1068	15.3	40.3	113.2

Увеличение атмосферного давления (таблица 3) приводит к увеличению интенсивности ТрП, но при этом уменьшаются значения средних скоростей, что позволяет сделать вывод о переходе ТрП в состояние затрудненного движения, при котором увеличивается плотность потоков согласно (2).

Таблица 4. Влияние скорости ветра на характеристики транспортных потоков.

	Минимум интенсивности (ТрС/ч)	Среднее интенсивности (ТрС/ч)	Максимум интенсивности (ТрС/ч)	Минимум средней скорости (км/ч)	Среднее средней скорости (км/ч)	Максимум средней скорости (км/ч)
Min	15	41	604	0	46.7	150.0
Avg	15	38	600	0	46.6	149.2
Max	1	3	84	0	38.4	137.7

Скорость ветра (таблица 4) оказывает значительное влияние при максимальных значениях: наблюдается снижение интенсивности и скорости движения.

Проведены эксперименты по учету совместного влияния дорожных условий на характеристики ТрП. Для образования опасного вида зимней скользкости – гололеда, снижающего среднюю скорость и интенсивность движения, необходимы следующие погодные условия: температура воздуха от 0 до -10°C, увеличение дефицита точки росы, регулярное изменение направления и скорости ветра. Чем больше скорость ветра, тем интенсивнее образуется гололед. Для 4 участков улично-дорожной сети выявлены погодные условия, при которых вероятность образования гололеда возрастает (таблица 5).

Таблица 5. Погодные условия для возникновения гололеда и его последствия.

	Дефицит точки росы (°C)	Температура (°C)	Направление ветра (°)	Скорость ветра (км/ч)	Снижение интенсивности (%)	Снижение средней скорости (%)
Viby Ringvej	3	0	180	11.5	23	16
Christian X's Vej	4	1	140	15.7	27	18
Marselis Boulevard	4	-2	140	12.8	30	22
Vestre Ringgade	5	-1	180	10.1	22	16

4. Заключение и обсуждение

Таким образом, предложен метод оценки влияния дорожных, организационных и погодных условий на транспортный поток с использованием подхода data-driven. Метод оперирует макроскопическими характеристиками транспортных потоков и детализованными данными о дорожных условиях, представляемыми атрибутами моделей объектов, процессов и явлений реального мира. Предложенный метод реализован в виде программного модуля для интеллектуальной транспортной геоинформационной системы ITSGIS. Приведены результаты анализа данных по скорости и интенсивности транспортных потоков в зависимости от условий окружающей среды.

Окружающая среда оказывает наибольшее неблагоприятное влияние в зимний период, характеризующийся снижением продолжительности светового дня, низкими температурами

воздуха и дорожного покрытия. Взаимное сочетание сильного бокового ветра и скользкого покрытия приводит к потере устойчивости на открытых участках УДС. Зимняя скользкость, снежные заносы приводят к снижению скорости движения, уменьшению ширины проезжей части в связи с образованием снежных отложений, снижению пропускной способности участка УДС. Осадки, туманы, метели приводят к ограничению расстояния видимости, что также влечет за собой снижение скорости и уменьшение пропускной способности.

Результаты анализа показали, что метод эффективен для профилирования и предсказания изменений, проходящих в транспортном потоке, при изменении влияющих дорожных условий.

5. Литература

- [1] Buch, N. A review of computer vision techniques for the analysis of urban traffic / N. Buch, S.A. Velastin, J. Orwell // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2011. – Vol. 12(3). – P. 920-939.
- [2] Qian, Y. A traffic flow model considering influence of car-following and its echo characteristics / Y. Qian, J. Zeng, N. Wang, J. Zhang, B. Wang // *Nonlinear Dynamics*. – 2017. – Vol. 89(2). – P. 1099-1109.
- [3] Lighthill, M.J. On kinematic waves: II. Theory of traffic flow on long crowded roads / M.J. Lighthill, G.B. Whitham // *Proc. R. Soc. London, Ser. A*. – 1955. – Vol. 229. – P. 281-345.
- [4] Drew, D.R. *Traffic flow theory and control*. – 1968. – 467 p.
- [5] Луканин, В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, Ю.В. Трофименко, М.В. Яшина. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с.
- [6] Куржанский, А.Б. Роль макромоделирования в активном управлении транспортной сетью / А.Б. Куржанский, А.А. Куржанский, П. Варайя // *Труды МФТИ*. – 2010. – Т. 2, № 4. – С. 100-118.
- [7] Burghout, W. Hybrid mesoscopic-microscopic traffic simulation / W. Burghout, H.N. Koutsopoulos, I. Andreasson // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. – 2005. – Vol. 1934(1). – P. 218-255.
- [8] Hoogendoorn, S.P. State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling / S.P. Hoogendoorn, P.H.L. Bovy // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*. – 2001. – Vol. 215(4). – P. 283-303.
- [9] Cheng, R. An extended macro traffic flow model accounting for multiple optimal velocity functions with different probabilities / R. Cheng, H. Ge, J. Wang // *Physics Letters A*. – 2017. – Vol. 381(32). – P. 2608-2620.
- [10] Newell, G.F. A simplified theory of kinematic waves in highway traffic II: Queueing at freeway bottlenecks // *Transp. Res. B*. – 1993. – Vol. 27. – P. 289-303.
- [11] Wang, F.Y. Parallel control and management for intelligent transportation systems: Concepts, architectures, and applications // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2010. – Vol. 11(3). – P. 630-638.
- [12] Колесов, В.И. Идентификация модели реального транспортного потока в городе / В.И. Колесов, М.Л. Гуляев, А.М. Осипенко // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2011. – № 10(129). – С. 43-48.
- [13] Agafonov, A.A. An algorithm for traffic flow parameters estimation and prediction using composition of machine learning methods and time series models / A.A. Agafonov, V.V. Myasnikov // *Computer Optics*. – 2014. – Vol. 38(3). – P. 539-549.
- [14] Tang, T.Q. An extended macro model for traffic flow with consideration of multi static bottlenecks / T.Q. Tang, P. Li, X.B. Yang // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2013. – Vol. 392. – P. 3537-3545.
- [15] Zhang, J. Data-driven intelligent transportation systems: A survey / J. Zhang, F.Y. Wang, K. Wang, W.H. Lin, X. Xu, C. Chen // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. – 2011. – Vol. 12(4). – P. 1624-1639.
- [16] Johansson, M. Data-driven traffic engineering: techniques, experiences and challenges / M. Johansson, A. Gunnar // *3rd International Conference on Broadband Communications, Networks and Systems*, 2006. – P. 1-10.

- [17] Daganzo, C.F. The cell transmission model: A dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory // *Transportation Research*. – 1994. – Vol. 28(4). – P. 269-287.
- [18] Михеева, Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // *Вестник ИЦБЖД*. – 2017. – Т. 1, № 31. – С. 38-44.
- [19] CityPulse Dataset Collection [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iot.ee.surrey.ac.uk:8080/datasets.html> (2018/10/30).
- [20] Ali, M.I. CityBench: A configurable benchmark to evaluate RSP engines using smart city datasets / M.I. Ali, F. Gao, A. Mileo // *International Semantic Web Conference*. – Springer, Cham, 2015. – P. 374-389.
- [21] Golovnin, O. Intelligent geographic information platform for transport process analysis / O. Golovnin, A. Fedoseev, T. Mikheeva // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 1901. – P. 78-85.
- [22] Михеева, Т.И. Структурно-параметрический синтез геоинформационной системы зонального управления транспортными процессами на основе паттернов / Т.И. Михеева, О.К. Головнин // *Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: сборник трудов*. – Уфа: УГАТУ, 2017. – Т. 1. – С. 90-95.
- [23] Головнин, О.К. Архитектура системы передачи данных ГИС ITSGIS // *Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы конф.* – Рязань: РГРТУ, 2015. – С. 278-280.

Data-driven profiling of traffic flow with varying road conditions

О.К. Golovnin¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. The article describes the road, institutional and weather conditions that affect the traffic flow. I proposed a method for traffic flow profiling using a data-driven approach. The method operates with macroscopic traffic flow characteristics and detailed data of road conditions. The article presents the results of traffic flow speed and intensity profiling taking into account weather conditions. The study used road traffic and conditions data for the city of Aarhus, Denmark. The results showed that the method is effective for traffic flow forecasting due to varying of road conditions.