

# Моделирование атрибутно-ориентированной сетевидческой системы управления транспортным процессом города

О.К. Головнин<sup>1</sup>, Т.И. Михеева<sup>1</sup>

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

**Аннотация.** Детальная информация об объектах, процессах и явлениях транспортной инфраструктуры необходима для использования возможностей, заложенных в современных методах, математических моделях, алгоритмах и системах управления транспортным процессом города. Чем сложнее и функциональнее методы управления, тем более строгие требования предъявляются к системам управления и данным, на основе которых они функционируют. Разработана математическая модель сетевидческой зональной системы управления транспортными процессами города, позволяющая на основе знаний о динамическом состоянии зоны управления организовать оптимальное управление с адаптацией к изменяющимся внешним условиям и принимать своевременные решения при возникновении нестандартных ситуаций. Модель описывает набор атрибутов, характеризующих состояние зоны управления в текущий момент времени. На основе этих атрибутов генерируются управляющие воздействия, которые поступают в функциональную зону управления, обеспечивающую применение управления к транспортному потоку. Модель реализована в виде программного модуля на основе интеллектуальной транспортной геоинформационной системы ITSGIS. Проведен сравнительный анализ предлагаемой модели с существующими аналогами.

## 1. Введение

Проблема оперативного управления транспортными процессами (ТрПр) актуальна, особенно в мегаполисах. Резкое снижение скоростей движения, многочасовые пробки, дефицит площадей для организации кратковременных стоянок транспортных средств (ТрС), затруднение движения пешеходов, загрязнение окружающей среды, транспортный шум и, наконец, рост количества дорожно-транспортных происшествий – основные негативные последствия процесса автомобилизации.

Чем сложнее и функциональнее методы управления ТрПр, тем более строгие требования предъявляются к системам управления и данным, на основе которых они функционируют [1]. В условиях развития сложных и сложноорганизованных интеллектуальных транспортных систем источники информации определяют гетерогенность данных о ТрПр, обуславливают разнородность как аппаратных, так и программных платформ, что значительно снижает оперативность и актуальность получаемых данных и процедур принятия решений [2]. Требуется разработка новых методов, математических моделей и систем управления ТрПр,

одновременно охватывающих массивы разнородных данных и обеспечивающих многоуровневое взаимодействие множества подчиненных сложных подсистем [3].

Общий уровень исследований и их практическое использование затруднено в силу следующих основных факторов [4]:

- транспортный поток (ТрП) нестабилен характеристиками и составом, получение объективной информации о нем является сложным и ресурсоемким элементом системы управления;
- отклонения дорожных условий непредсказуемы в части погодных-климатических параметров и качества покрытия дороги;
- критерии качества управления ТрП противоречивы: например, необходимо снизить транспортные задержки и повысить уровень безопасности при одновременном снижении скорости движения.

Высокодетальная информация об объектах, процессах и явлениях транспортной инфраструктуры (ТрИ) необходима для использования возможностей, заложенных в современных методах, математических моделях, алгоритмах и системах управления транспортным процессом города [3]. Достижение высокой адекватности моделей управления транспортными процессами невозможно без пространственной привязки элементов улично-дорожной сети (УДС), устройств мониторинга, управляющих устройств и технических средств организации движения. Наиболее эффективные инструменты пространственной привязки обеспечивают геоинформационной системы, позволяющие построить геоинформационную модель ТрИ, отражающую все изменения на едином наборе данных за счет применения клиент-серверных облачных технологий [4].

В данной работе описывается разработанная модель системы управления ТрП города с использованием принципов сетецентрического управления на основе геопространственных атрибутно-ориентированных моделей, позволяющих компенсировать гетерогенность информационных пространств.

## 2. Модель сетецентрической системы управления транспортными процессами

Разработана модель сетецентрической зональной системы управления транспортными процессами города, позволяющая на основе знаний о динамическом состоянии зоны управления организовать оптимальное управление с адаптацией к изменяющимся внешним условиям и принимать своевременные решения при возникновении нестандартных ситуаций. Модель описывает набор атрибутов, характеризующих состояние зоны управления в текущий момент времени.

В модели системы управления транспортным процессом для построения модели УДС используется триада объектов: *участок, узел, дуга*.

Определим *участок* как полигональный сегмент УДС, описываемый единым набором атрибутов (перегон, перекресток, пешеходный переход и др.). Обозначим множество участков  $\Theta = \{\theta_i^x\}$ . Каждому участку УДС  $\theta_i^x \in \Theta$  ставится в соответствие набор имманентных свойств. Для задачи управления ТрП в качестве свойств участка используются: тип дорожного покрытия, ширина полос движения, вертикальный уровень участка (-1 – тоннель, 0 – на земляном полотне, 1 – эстакада/мост и т.д.).

В качестве *дуги* выступает элемент ориентированного графа, задающий направление движения транспортного потока на участке УДС. Обозначим множество дуг  $\tilde{E} = \{\tilde{e}_i\}$ . Каждой дуге  $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$  поставим в соответствие вес дуги. В качестве веса дуги выбираем набор атрибутов объектов, ассоциируемых с дугой  $\tilde{e}_i$ : характерные свойства, количественные значения, качественные признаки. Для задачи управления ТрП в качестве веса дуги указываются: длина дуги, количество полос движения, пропускная способность, скорость свободного движения.

*Узлом* выступает вершина ориентированного графа на стыке двух участков, показывающая возможность движения с одного участка на другой в направлении, определяемом

соответствующей дугой. Обозначим множество узлов  $\tilde{V} = \{\tilde{v}_i\}$ . Каждому узлу  $\tilde{v}_i \in \tilde{V}$  поставим в соответствие вес узла. В качестве веса узла выбираем набор атрибутов объектов, ассоциированных с узлом  $\tilde{v}_i$ : распределительная матрица узла и бинарный паттерн.

Тогда *магистралью* будет являться упорядоченная совокупность участков  $\theta_j^X$  УДС различных типов, а вся *транспортная сеть* представляет собой совокупность магистралей.

Рассматриваемая в качестве объекта управления мезоскопическая модель *транспортного потока*  $\tilde{S} = \{\tilde{s}_i\}$ , движущегося по дугам  $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$  графа УДС, характеризуется скоростью  $v^{\tilde{e}_i}$ , плотностью  $k^{\tilde{e}_i}$  и интенсивностью  $I^{\tilde{e}_i}$  потока на дуге  $\tilde{e}_i$  в момент времени  $t_i$ . Состав транспортного потока  $\tilde{S}$  определяется типом транспортных средств, входящих в него. Множество результатов измерения (наблюдения) интенсивности ТрП  $\tilde{S}$  на дугах графа УДС  $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$  в различные моменты времени обозначим  $\tilde{I}^{\tilde{e}_i} = \{I_j^{\tilde{e}_i}\}$ .

Плотность  $k^{\tilde{e}_i}$  ТрП, движущегося по дуге  $\tilde{e}_i$ , описывает ТрП в момент времени  $t$ . Изменение состояния ТрП во времени определим как [5]:

$$k^{\tilde{e}_i}(t + \Delta t) = k^{\tilde{e}_i}(t) + \frac{\Delta t (I_E^{\tilde{e}_i}(t) - I_X^{\tilde{e}_i}(t))}{l^{\tilde{e}_i}}, \quad \forall \tilde{e}_i \in \tilde{E}, \tag{1}$$

где  $I_E^{\tilde{e}_i}(t)$  – фактическая интенсивность ТрП, входящего на дугу  $\tilde{e}_i$  в момент времени  $t$ ;

$I_X^{\tilde{e}_i}(t)$  – фактическая интенсивность ТрП, исходящего из дуги  $\tilde{e}_i$  в момент времени  $t$ ;

$\Delta t$  – размер временного шага.

Начальное состояние транспортного процесса  $k^{\tilde{e}_i}(t_0) = k_0^{\tilde{e}_i}$  в момент времени  $t = t_0$  определяется измерением параметров ТрП для всех дуг  $\tilde{e}_i \in \tilde{E}$  УДС. На каждом последующем временном шаге  $\Delta t$  вычисляются значения интенсивностей ТрП, входящих и выходящих из каждого узла УДС  $\tilde{v}_i \in \tilde{V}$ , выполняется расчет состояния ТрПр по формуле (1).

Размер временного шага  $\Delta t$  должен удовлетворять необходимому условию сходимости при численном решении гиперболических уравнений в частных производных:

$$\Delta t \leq \min_{\tilde{e}_i \in \tilde{E}} \left\{ \frac{l^{\tilde{e}_i}}{v_0^{\tilde{e}_i}}, \frac{l^{\tilde{e}_i}}{v_w^{\tilde{e}_i}} \right\}.$$

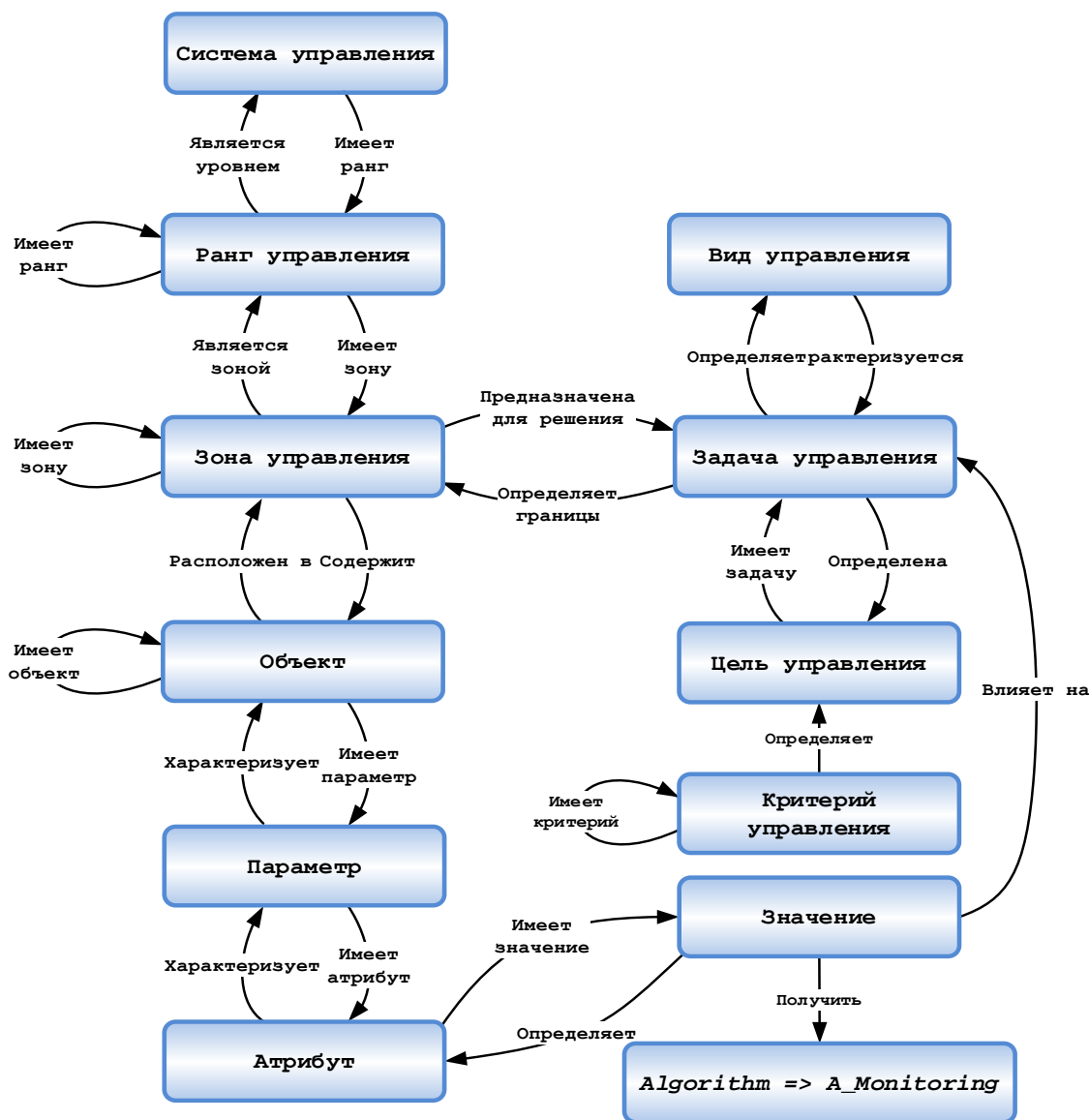
Множество *управляющих элементов* – технических средств организации дорожного движения, дислоцированных на УДС, – обозначим  $\tilde{T} = \{\tilde{t}_i^X\}$ . Множество  $\tilde{T}$  содержит следующие подмножества:

- $\tilde{T}^Z \subset \tilde{T}$  – множество дорожных знаков;
- $\tilde{T}^S \subset \tilde{T}$  – множество светофорных объектов;
- $\tilde{T}^L \subset \tilde{T}$  – множество линий горизонтальной и вертикальной дорожной разметки;
- $\tilde{T}^H \subset \tilde{T}$  – множество искусственных дорожных неровностей;
- $\tilde{T}^F \subset \tilde{T}$  – множество пешеходных и дорожных ограждений.

Основные атрибуты технических средств организации дорожного движения – их управляющие воздействия и правила применения управляющих воздействий, описываемые предикатами.

Наличие приоритета задач, решаемых системой управления ТрПр, различие целей (критериев), которые должны достигаться на каждом уровне (слое) управления, диктуют необходимость выделения рангов, на которых реализуются различные виды управления ТрПр. В дополнение к ранговой декомпозиции введем понятие зональной декомпозиции,

позволяющей осуществить сублокальную оптимизацию управления внутри некоторой зоны параметров данного ранга системы управления. Таким образом, модель сетцентрической зональной системы управления транспортными процессами города пример вид, изображенный на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Модель атрибутно-ориентированной сетцентрической системы управления транспортным процессом.

В качестве зоны управления  $\tilde{A}$  могут выступать: перегон или перекресток УДС (локальное управление); несколько последовательно связанных перекрестков и перегонов, образующих магистраль (координированное управление); несколько магистралей – транспортная сеть (системное управление) (рисунок 2).

Зоной управляющего воздействия для задачи локального управления является участок УДС. На участке, оснащённом светофорным объектом, под локальным управлением будем понимать нахождение такого цикла работы светофорного объекта, который обеспечивает оптимум выбранного критерия оценки качества управления.

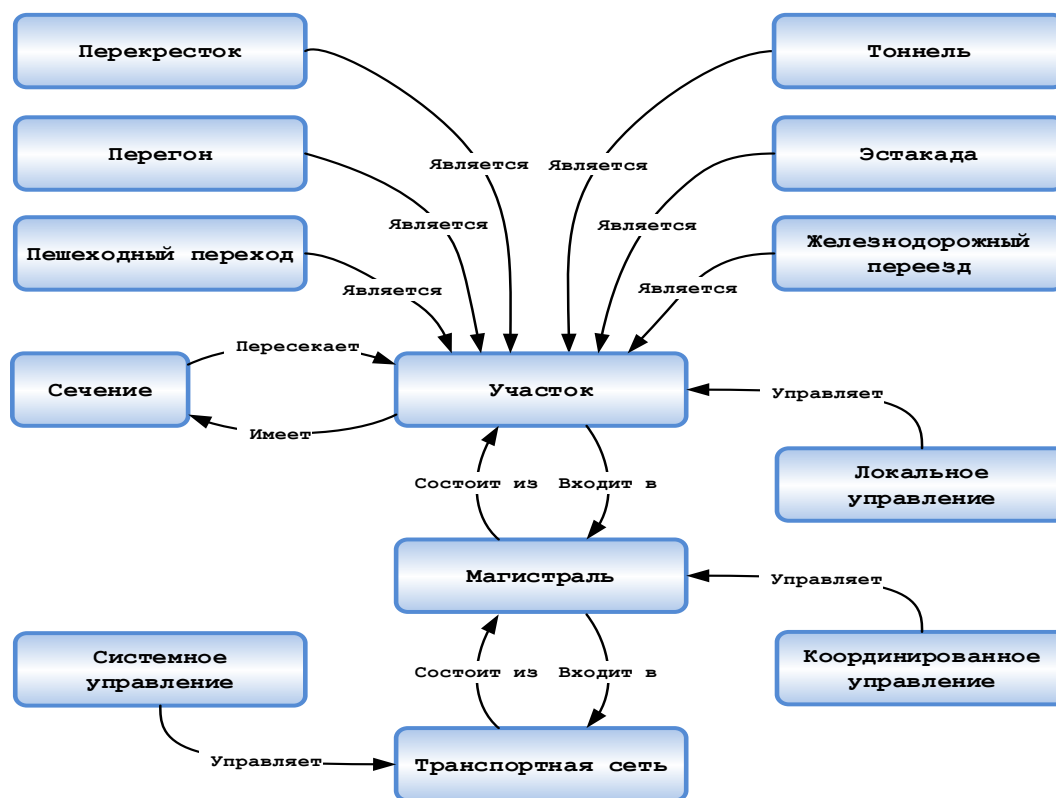


Рисунок 2. Декомпозиция пространственных зон и видов управления.

Зона управляющего воздействия для задачи координированного управления – магистраль. При координированном управлении каждый участок УДС, входящий в магистраль, описывается функцией преобразования ТрП с учетом того, что исходящий поток одного участка является входящим для других.

Зона управляющего воздействия для задачи системного управления – транспортная сеть. Задача системного управления решается с помощью методов сетецентрического управления, обеспечивающих единое информационное пространство сферы управления для каждого объекта, явления или процесса ТрИ.

Ввиду того, что декомпозиция зон осуществляется, исходя из состава задач и целей управления  $Z^*$  в этой зоне, то предлагаемая модель системы управления позволит использовать зоны, построенные по различным декомпозиционным признакам [6], а не только по топологическим (участок УДС, магистраль, транспортная сеть). Декомпозиция зон управления в предлагаемой модели может быть атрибутивная, топологическая, знаковая и функциональная.

Выработанное управляющее воздействие  $u_i$  отличается от того воздействия на объект  $U^*$ , которое обрабатывается управляющим элементом – техническим средством организации дорожного движения. Это связано с тем, что время реализации отлично от нуля. Выбор управляющего воздействия  $u_i$  из области допустимых  $U = \{u_i\}, i = 1, 2, \dots, n$  происходит в соответствии с заданной целью управления  $Z^*$  и алгоритмом  $\varphi$ :

$$U = \varphi(X^A, Y', Z^*, \Psi),$$

где  $X^A$  – атрибуты объектов и процессов ТрИ;

$Y'$  – состояние объекта управления;

$\Psi$  – параметры окружающей среды.

Одной из особенностей рассматриваемой модели является то, что ее объект активный, т.е. состояние  $Y'$  объекта зависит не только от характеристик  $\Psi$  среды и воздействий  $U$ , но и от параметров  $X^A$ , которые изменяются в зависимости от имманентных целей  $Z^*_o$  объекта. Эти цели, как правило, отличаются от целей управления  $Z^*$  системы. Состояние  $Y'$  объекта управления является функцией характеристик среды  $\Psi$ , воздействий  $U$ , параметров  $X^A$ :  $Y' = F(X^A, Y', U, \Psi)$ . Вид управления  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  определяется, например, исходя из уровня безопасности участка УДС, вида конкретного управления, необходимости мониторинга параметров ТрП, исходя из ограничений, накладываемых на параметры объектов ТрИ. Качество управления описывается вектором критериев  $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m\}$ , содержащим критериальные характеристики  $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m$  их  $m$ -мерного пространства  $C^m$ . Оптимизацию  $\Omega$  можно рассматривать в виде последовательной оптимизации критериев  $\varepsilon$  на подмножествах  $C_i$ , благодаря связи между глобальным критерием  $\Omega$  и совокупностью локальных критериев  $\varepsilon$ . Последовательность наилучших вариантов  $\tilde{C}_i$  построения системы управления транспортными процессами запишем как  $\tilde{C}_1^1 \supset \tilde{C}_2^2 \supset \dots \supset \tilde{C}_{i_N}^N$ , где  $\varepsilon(\tilde{C}_{i_L}) = \underset{C_i \in C}{extr} \varepsilon(C_i)$ . Такая последовательность приводит к решению задачи управления транспортными процессами, т.к.  $\tilde{C}_{i_N}^N = \tilde{C}_j$  и, в силу предположения о свойствах локальных критериев оптимальности,  $\Omega(\tilde{C}_j) = \underset{C_j \in C}{extr} \Omega(C_j)$  [7].

На основе описанных выше атрибутов объектов, наполняющих ТрИ, генерируются управляющие воздействия, которые поступают в функциональную зону управления, обеспечивающую применение управления к ТрП (рисунок 3). Технические средства мониторинга обеспечивают сбор информации о ТрП и объектах ТрИ на всех этапах следования ТрП через территориальную зону управления. Информация передается в систему мониторинга, обеспечивающую предварительную обработку и анализ информации. Система мониторинга формирует набор атрибутов, характеризующих состояние зоны управления в текущий момент времени. На основе этих данных система управления формирует управляющие воздействия, которые поступают в функциональную зону управления и на вход системы мониторинга (для контроля принимаемых решений).

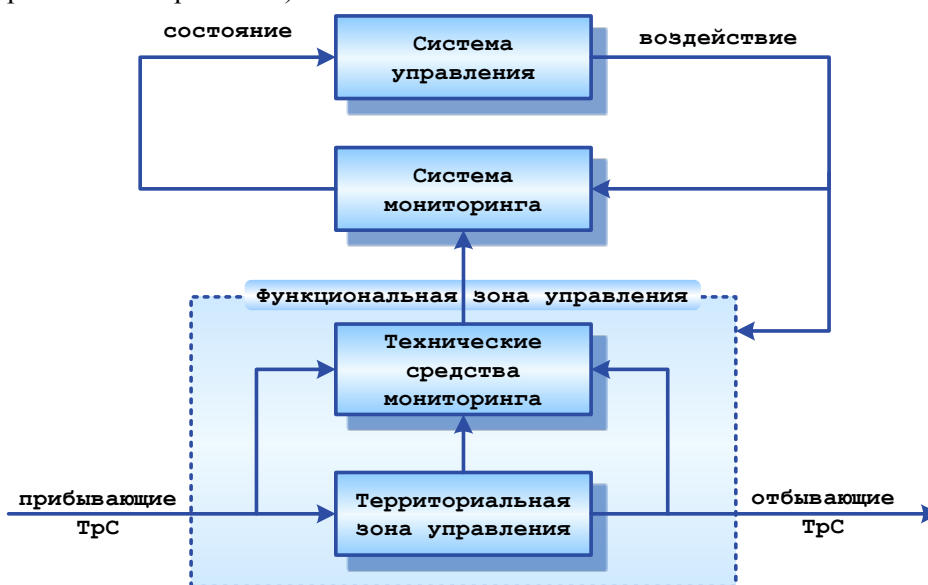


Рисунок 3. Схема взаимодействия системы с зонами управления.

### 3. Результаты

Предлагаемая модель реализована в виде программного модуля на основе интеллектуальной транспортной геоинформационной системы ITSGIS [8]. Эффективность сетецентрического управления транспортными процессами с помощью предлагаемой модели рассмотрим на примере г. Сургут. Сургут является самым большим по численности городом в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (ХМАО), занимает 3 место в России по уровню автомобилизации. На 2017 г. по данным переписи населения в Сургуте проживает около 360 тыс. человек, уровень автомобилизации по данным Госавтоинспекции – около 520 ТрС на 1000 жителей. Площадь города – 354 кв. км.

В результате проведенного исследования транспортной инфраструктуры и транспортных потоков г. Сургута построена геоинформационная модель в среде ITSGIS, сделаны выводы о необходимости введения изменений в существующую систему организации дорожного движения (ОДД). Эффективность атрибутно-ориентированной сетецентрической системы управления транспортным процессом города оценена в ITSGIS через уменьшение транспортной задержки (ТрС·с) за счет сокращения времени движения ТрС по участкам УДС и за счет увеличения пропускной способности (ТрС/ч.) участков (таблица 1).

**Таблица 1.** Сравнение транспортной ситуации «до – после».

	«До» – существующая ОДД	«После» – улучшенная ОДД
Транспортная задержка в среднем на участок УДС, (ТрС·с)	6.51	4.83
Пропускная способность в среднем на участок УДС, (ТрС/ч.)	870	1025

Таким образом, транспортная задержка уменьшилась на 25% по сравнению со случаем без управления, пропускная способность участков УДС возрастает на 17%.

На транспортной сети г. Сургута проведен сравнительный анализ предлагаемой модели с моделям-аналогами: ALINEA и преодоления очереди Queue Override [9], координированного управления HERO [10], комплексного управления с обратной связью TUC [11]. Результаты сравнения (в среднем на участок УДС) приведены в таблице 2. Данные получены в результате моделирования транспортной ситуации в среде Aurora RNM [12], PTV VISION [13] и ITSGIS.

**Таблица 2.** Сравнение предлагаемой модели с аналогами.

	ALINEA, (ТрС·с)	Queue Override, (ТрС·с)	HERO, (ТрС·с)	TUC, (ТрС·с)	Предлагаемая модель, (ТрС·с)
Aurora RNM	6.15	5.96	5.32	5.05	4.85
PTV VISION	6.05	5.98	5.25	5.00	4.92
ITSGIS	6.18	6.01	5.30	5.06	4.83

Результаты имитационного моделирования показывают, что предлагаемая атрибутно-ориентированная модель сетецентрической системы управления адекватна, ее применение снижает транспортную задержку эффективнее локальных, координированных и комплексных моделей.

### 4. Обсуждение и заключение

Реализация функциональной интеграции макро- и микроуровней моделей ТрП позволит сформировать модели мезоуровня для анализа, транспортного планирования и управления дорожной сетью мегаполиса с переходом к динамическим моделям на УДС меньшего размера. Последующий анализ на микроуровне позволяет выявить конфликтные зоны во времени и

пространстве, сформировать функциональные зоны управления. Существующие модели динамики ТрП разработаны в предположении, что управление вводится в зоне локального перекрестка или магистрали, без возможности их адаптации для управления зонах, сформированных по принципам, отличным от топологических. Предлагаемая модель позволяет применять управление в зонах, сформированных по различным декомпозиционным признакам: атрибутному, функциональному, знаковому, топологическому [6].

Особое значение при сетевом управлении имеет задача мониторинга характеристик транспортных потоков, улично-дорожной сети, технических средств управления движением, параметров окружающей среды. В настоящее время под мониторингом понимается измерение интенсивности и средней скорости ТрП, что не позволяет получить взаимосвязанные оценки параметров функционирования ТрИ и накладывает ограничения на применимость разработанной модели и системы, ее реализующей, – требуется разработка эффективных инструментов мониторинга, позволяющих получить полный набор атрибутов [14, 15].

Современные системы управления транспортными процессами требуют оснащения ТрИ города инновационными средствами регулирования (интеллектуальные светофоры, дорожные знаки переменной информации, световые табло и др.) и наличия надежных каналов связи для распространения управляющих воздействий. Не всегда ТрИ города располагает такими техническими средствами, что также накладывает ограничения на использование разработанной системы – не всегда удается произвести эффективное внедрение сетевых методов управления ввиду отсутствия активных управляющих устройств, способных функционировать в режиме он-лайн [16, 17].

Внедрение разработанной системы управления ТрПр позволит повысить уровень организации движения: улучшить характеристики транспортной сети, усовершенствовать дислокацию объектов транспортной инфраструктуры, оптимизировать процесс управления ТрП на всех фазах движения, уменьшить транспортные задержки, повысить безопасность движения. Разработанный программный модуль для геоинформационной системы ITSGIS, реализующий прикладные результаты работы в области управления ТрПр, внедрен и используется в городах: Ульяновск, Саранск, Сургут (ХМАО), Владимир, Рязань.

## 5. Литература

- [1] Lee, E.S. Using multi-attribute decision factors for a modified all-or-nothing traffic assignment / E.S. Lee, P.G. Oduor // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2015. – Vol. 4. – № 2. – P. 883-899.
- [2] Ramezani, M. Dynamics of heterogeneity in urban networks: aggregated traffic modeling and hierarchical control / M. Ramezani, J. Haddad, N. Geroliminis // *Transportation Research Part B: Methodological*. – 2015. – Vol. 74. – P. 1-19.
- [3] Golovnin, O. Detailed Models and Network-Centric Technologies of Transport Process Management / O. Golovnin, T. Mikheeva // *5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems*. – 2017. – P. 768-773.
- [4] Михеева, Т.И. Интеллектуальная геоинформационная платформа исследования транспортных процессов / Т.И. Михеева, О.К. Головнин, А.А. Федосеев // III Междунар. конф. и молодёжная школа «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2017): сборник трудов. – Самара: Новая техника, 2017. – С. 753-761.
- [5] Куржанский, А.Б. Роль макро моделирования в активном управлении транспортной сетью / А.Б. Куржанский, А.А. Куржанский, П. Варайя // *Труды МФТИ*. – 2010. – Т. 2, № 4. – С. 100-118.
- [6] Михеева, Т.И. Метод синтеза системы зонального сетевого управления транспортными процессами / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2016. – Т. 18, № 4(4). – С. 799-807.
- [7] Васильев, В.И. Многоуровневое управление динамическими объектами / В.И. Васильев, Ю.М. Гусев, В.Н. Ефанов [и др.]. – М.: Наука, 1987. – 310 с.



- [8] Михеева, Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин // Вестник НЦБЖД. – 2017. – Т. 1, № 31. – С. 38-44.
- [9] Papageorgiou, M. ALINEA: A local feedback control law for onramp metering / M. Papageorgiou, H. Hady-Salem, H.M. Blosseville // Transportation Research Record. – 1991. – Vol. 1320(1). – P. 58-67.
- [10] Papamichail, I. Heuristic ramp-metering coordination strategy implemented at Monash Freeway, Australia / I. Papamichail, M. Papageorgiou, V. Vong, J. Gaffney // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2010. – Vol. 2178. – P. 10-20.
- [11] Diakaki, C. Integrated Traffic-Responsive Urban Corridor Control Strategy in Glasgow, Scotland / C. Diakaki, M. Papageorgiou, T. McLean // Transportation Research Record. – 2000. – Vol. 1727. – P. 101-111.
- [12] Aurora RNM Homepage [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code.google.com/archive/p/aurorarm/> (20.11.2017).
- [13] PTV Group. Transport planning, traffic engineering and traffic simulation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/home/> (20.11.2017).
- [14] Мельник, Э.В. Принципы организации децентрализованных сетевых информационных-управляющих систем / Э.В. Мельник, Д.Я. Иванов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – Т. 4. – С. 25-30.
- [15] Lv, Y. Traffic flow prediction with big data: a deep learning approach / Y. Lv, Y. Duan, W. Kang, Z. Li, F. Wang // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2015. – Vol. 16(2). – P. 865-873.
- [16] Schantz, R.E. Middleware for distributed systems: Evolving the common structure for network-centric applications / R.E. Schantz, D.C. Schmidt // Encyclopedia of Software Engineering. – 2001. – Vol. 1. – P. 1-9.
- [17] Тихонов, А.Н. Концепция сетевых управления сложной организационно-технической системой / А.Н. Тихонов, А.Д. Иванников, И.В. Соловьёв, В.Я. Цветков, С.А. Кудж. – М.: Макс пресс, 2010. – 136 с.

# Attribute-driven Network-centric Urban Transport Process Control System Modeling

O.K. Golovnin<sup>1</sup>, T.I. Mikheeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

**Abstract.** Detailed information about the objects, processes and phenomena of transport infrastructure is needed to exploit the opportunities inherent in modern methods, mathematical models, algorithms and control systems of urban transport process. The more complex and functional control methods are used, the more strict requirements are imposed on the control systems and initial data. The paper provides a mathematical model of network-centric zonal transport process control system of the city. The model provides an opportunity to organize an optimal control with adaptation to external environments changes and to make on-time decisions in emergency situations on the basis of knowledge about the dynamic state of control area. The model describes a set of attributes that characterize the current state of the control zone. On the basis of these attributes, generated control actions enter the functional control zone, which provides the traffic flow control implementation. The model is implemented as a software based on the ITSGIS intelligent transport geoinformation system. A comparative analysis of the proposed model with existing analogues is carried out.

**Keywords:** traffic flow model, transport process, transport infrastructure, network-centric system, attribute-driven design.