



4. Осьмушин, А.А. Адаптивный алгоритм обработки информации о состоянии транспортной сети / А.А. Осьмушин, И.Г. Богданова, А.А. Федосеев // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании : материалы XIX Всерос. научно-технической конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань РГРТУ 2014. – С. 16.
5. Сильянов, В.В. Моделирование критических ситуаций в транспортном потоке / В.В. Сильянов, А.В. Уткин, С.А. Елисеева // Наука и техника в дорожной отрасли. – М. : Издательство Дороги, 2008. – № 3. – С. 6-8.
6. Осьмушин, А.А. Метод кластерного анализа в задаче определения областей влияния инцидента на транспортный поток города / А.А. Осьмушин, Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин, М.В. Гусарова // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (ITIDS'2016) : труды IV Международной конференции – Уфа : УГАТУ. – 2016. – Т. 2. – С. 170-175.
7. Крылатов, А.Ю. Управление транспортными потоками мегаполиса / А.Ю. Крылатов, В.В. Захаров // Сборник статей Седьмой Российско-Немецкой конференции по логистике и SCM DR-LOG 2012, 2012. – С. 305-310.
8. Яценков, В.С. Основы спутниковой навигации : системы GPS Navstar и ГЛОНАСС / В. С. Яценков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005.– 272 с.
9. Knoop, V.L. Individual Travelers' Advice: System Setup, Measures, and Expected Results [Электронный ресурс] / V.L. Knoop, W.J. Schakel, E. Jonkers, B. Van Arem // Proceedings of the 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 23-27 January 2011, Washington D.C. – 2011. – Режим доступа : [http://www.victorknoop.eu/research/papers/trb\\_ccc.pdf](http://www.victorknoop.eu/research/papers/trb_ccc.pdf).
10. Traffic incident management handbook / N. Owens, A. Armstrong, P. Sullivan, C. Mitchell. – U.S. Department of Transportation, 2010. – 116 p.

А.А. Осьмушин

## МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАГРУЗКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

(Самарский университет)

В статье приводится подбор и доработка моделей информационного пространства управления загрузкой транспортной сети при возникновении нештатных ситуаций. Предложены математические модели основных сущностей предметной области: транспортной сети (ТрС) и нештатной ситуации (НС).

Анализ загрузки транспортной сети является многокомпонентной задачей, решение которой требует построения математических моделей управления транспортными процессами (модель загрузки транспортной сети): модель транспортной сети, модель транспортного потока (ТрП), модель технических средств управления транспортной инфраструктурой (ТрИ), модель нештатной ситуации [1].



**Определение 1.** Базовый участок – участок-перегон транспортной сети с непрерывным движением транспортного потока, не имеющий прилегающих участков въезда и выезда.

**Определение 2.** Скорость свободного потока – средняя скорость движения транспортного потока на базовом участке без светофорного регулирования в условиях низкой плотности потока.

**Определение 3.** Пропускная способность участка транспортной сети – максимальная интенсивность потока, которая достижима на базовом участке в текущих дорожных условиях; выражается отношением количества транспортных средств в приведённых единицах, движущихся по участку, к интервалу времени.

**Определение 4.** Ёмкость участка транспортной сети – максимальная плотность потока, которая достижима на базовом участке; выражается отношением количества транспортных средств в приведённых единицах, движущихся по участку, к длине участка.

**Определение 5.** Загрузка транспортной сети – количество транспортных средств, движущихся по участкам транспортной сети: перекрёсткам, перегонам, тоннелям, путепроводам.

Дескрипторами загрузки транспортной сети являются коэффициенты загрузки участка транспортной сети по интенсивности и плотности транспортного потока.

**Определение 6.** Коэффициент загрузки участка транспортной сети по интенсивности транспортного потока определим как отношение интенсивности к пропускной способности участка.

**Определение 7.** Коэффициент загрузки участка транспортной сети по плотности транспортного потока определим как отношение плотности к ёмкости участка.

**Определение 8.** Перегруженный участок транспортной сети – участок, на котором коэффициент загрузки по плотности транспортного потока приближается к единице.

Модель загрузки транспортной сети – совокупность объектов, атрибутов и связей между ними, необходимых для решения задач:

- мониторинг и детектирование нештатных ситуаций, возникающих на транспортной сети [2];
- определение параметров транспортных потоков;
- управление транспортными процессами с позиций информационного, оперативного и инфраструктурного обеспечения с целью повышения эффективности и безопасности функционирования транспортной инфраструктуры [3];
- сбор и обработка статистических данных.

Фундаментальной особенностью анализа и построения модели загрузки транспортной сети, характеризующей сложность модели, является выявление взаимного влияния и итеративной зависимости выбора маршрутов движения транспортных средств от построения маршрутов другими транспортными сред-



ствами и возникающей в этой связи транспортной задержки. Математическая модель взаимного влияния строится на основе функции зависимости весовой характеристики (цены) дуги графа улично-дорожной сети от интенсивности транспортного потока на данной дуге [4].

Процесс формирования загрузки сети, состоящий из построения транспортных маршрутов, основан на сопоставлении весовых характеристик различных маршрутов. При этом весовые характеристики дуг графа улично-дорожной сети определяются существующей на текущий момент загрузкой транспортной сети [5].

Построение моделей сложных многокомпонентных систем базируется на применении методов и подходов системного анализа [6]. На начальном этапе решения поставленных задач производится декомпозиция предметной области управления загрузкой ТрС при возникновении нештатных ситуаций. Выявление входящих в неё сущностей и структурирование характеризующих их данных и взаимосвязей является базисом системного анализа [7]. Результат декомпозиции предметной области «Загрузка транспортной сети» представлен на рисунке 1. В основе данной декомпозиции лежит модель предметной области «Организация дорожного движения», описанная в [1], в которую добавлены классы, необходимые для описания модели нештатных ситуаций ТрС, технических средств управления транспортной инфраструктурой, реализующих адаптивное управление и информационное обеспечение участников дорожного движения.

Модель предметной области (ПрО) «Загрузка транспортной сети» опишем как (1):

$$M_{SubjectArea} = \langle M_{RN}, M_{TFlow}, M_{TIM}, M_{ES} \rangle, \quad (1)$$

где  $M_{SubjectArea}$  – модель предметной области «Загрузка ТрС»;

$M_{RN}$  – модель транспортной сети;

$M_{TFlow}$  – модель транспортного потока;

$M_{TIM}$  – модель технических средств управления транспортной инфраструктурой;

$M_{ES}$  – модель нештатной ситуации.

Модель транспортной сети  $M_{RN}$  определяется классами: *Участок*, *Граф ТрС*. Участок представляет собой полигональный элемент электронной карты, позволяющий синтезировать транспортную сеть любой конфигурации, структуры с различными характеристиками. Варианты движения транспортных средств, направление движения и различные параметры ТрП на участке ТрС описываются с помощью графа и весовых характеристик его элементов.

Модель транспортного потока  $M_{TFlow}$  определяется классами: *Скорость*, *Интенсивность*, *Плотность*, *Состав* [1]. Модель  $M_{TFlow}$  рассматривается с позиций микромоделей, в которой каждое транспортное средство выделено в отдельную модель с персонифицированными характеристиками, и макромоделей, в которой определены групповые макрохарактеристики ТрП.



Рис. 1. Декомпозиция предметной области «Загрузка транспортной сети»

Модель технических средств управления транспортной инфраструктурой  $M_{ТИМ}$  определяется классами *Светофорный\_объект*, *Дорожный\_знак*, *Дорожная\_разметка*, *Дорожное\_ограждение*, *Средство\_мониторинга\_состояния\_объектов\_ТрИ*, *Средство\_информирования\_участников\_движения*.

Модель  $M_{ТИМ}$  включает в себя стандартные технические средства организации дорожного движения, такие как дорожные знаки, светофоры и разметка. Процесс мониторинга состояния объектов ТрИ включает в себя сбор и обработку данных о транспортных процессах и объектах с помощью технических средств, таких как датчики движения, камеры наблюдения, спутниковые системы навигации и т.д. Информирование участников движения осуществляется с помощью специализированных табло, средств передачи информации через различные каналы связи.

Модель нештатной ситуации  $M_{ЕС}$  определяется классами: *Тип*, *Время*, *Геозона\_влияния* [8]. Тип нештатной ситуации характеризуется её местоположением, т.е. её координатами на электронной карте, либо причиной возникновения НС. Время нештатной ситуации рассматривается с различных позиций, таких как время возникновения НС, нормативное и фактическое время устране-



ния НС и т.д. Геозоны влияния нештатной ситуации делятся на зоны непосредственного и опосредованного влияния НС на транспортные процессы и объекты ТрИ.

### Литература

1. Михеева, Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем [Текст] / Т.И. Михеева – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
2. Михеева, Т.И. Автоматизация мониторинга транспортной и дорожной инфраструктуры / Т.И. Михеева, И.А. Рудаков // Труды 6-й Междун. научно-практ. конф. «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». – СПб. : С-ПБАДИ, 2004. – С 93-96.
3. Осьмушин, А.А. Модель управления дорожным движением в критических ситуациях в среде ГИС «ITSGIS» / А.А. Осьмушин, С.В. Михеев, Д.А. Михайлов // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : межвузовский научный сборник. – Уфа : УГАТУ, 2013. – С. 66-69.
4. Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков / В.И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 3-46.
5. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожной сети городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
6. Симанков, В.С. Системный анализ в адаптивном управлении / В.С. Симанков, Е.В. Луценко, В.Н. Лаптев. Под ред. В.С. Симанкова. – Краснодар : ИСТЭК КубГТУ, 2001. – 258 с.
7. Сурмин, Ю.П. Теория систем и системный анализ : учебное пособие / Ю.П. Сурмин. К. : МАУП, 2003. – 368 с.
8. Осьмушин, А.А. Моделирование нештатных ситуаций на улично-дорожной сети [Электронный ресурс] / А.А. Осьмушин, И.Г. Богданова, А.В. Сидоров // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №6. – Режим доступа : [www.science-education.ru/113-11766](http://www.science-education.ru/113-11766)

А.А. Пирогова, Е.А. Жукова, А.В. Паршина

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ

(Самарский университет, ООО «Регион»)

Глобализация жизни приводит к постоянному росту потребности населения в транспортных услугах. Поскольку основные характеристики подвижного состава остаются неизменными, оптимизация транспортных процессов производится в основном за счет совершенствования планирования, организации и