

Интеллектуальная транспортная система управления загрузкой сети

А.А. Осьмушин

Институт авиационной техники

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Самара, Россия

e-mail: osmushin@yandex.ru

А.И. Чугунов

Институт авиационной техники

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Самара, Россия

e-mail: 4ugunov@yandex.ru

Аннотация¹

Рассмотрены назначение и функционал спроектированной интеллектуальной транспортной системы управления загрузкой транспортной сети, описана структура системы, её компоненты и инструментальные средства. Рассматривается применение системы для визуализации нештатных ситуаций и геозон их влияния на электронной карте. Система состоит из центра обработки данных, включающего сервер баз геоданных и сервер приложений в совокупности с телематическим сервером и картой с дислоцированными объектами управления и информирования. Система используется для решения задач при возникновении нештатных ситуаций на транспортной сети, хранения и анализа данных о нештатных ситуациях.

Ключевые слова: управления загрузкой транспортной сети; визуализация нештатных ситуаций; геоинформационные технологии; транспортная система.

Введение

Функциональная схема системы управления загрузкой сети приведена на рисунке 1. Интеллектуальная транспортная система управления загрузкой сети состоит из центра обработки данных, включающего сервер баз геоданных и сервер приложений в совокупности с телематическим сервером, получающим телематическую информацию из разных источников, и картой с дислоцированными объектами (средствами управления и информирования). Сообщения о нештатных ситуациях, требующих реагирования, поступают в структуры администрации и дежурные части подразделений оперативных служб. Оперативные службы, являясь исполнительными

механизмами, осуществляют устранение нештатных ситуаций. Наличие датчиков и других источников телематических данных, а также исполнительных механизмов, позволяет организовать обратную связь для контроля и оптимизации воздействий.

Функционал системы управления загрузкой обеспечивается назначением, структурой и алгоритмами следующих подсистем:

- детектирование нештатных ситуаций [1];
- определение параметров транспортных потоков;
- обработка исходной информации с целью определения управляющих воздействий: сбор статистических данных о нештатных ситуациях, функции обеспечения безопасности дорожного движения, оптимизация порядка устранения нештатных ситуаций;
- работа с геоинформационной системой: дислокация нештатных ситуаций на электронной карте [2];
- оперативное управление [3];
- информационное управление [4];
- инфраструктурное управление [5].

Подробный перечень задач системы управления загрузкой сети приведён на рисунке 2. Детектирование нештатных ситуаций осуществляется путём поступления в систему по каналам связи сообщений о ДТП [6], метеосводок, информации о плане перекрытий проезжих частей, сообщений от третьих лиц, графиков массовых мероприятий. Возможно использование систем автоматического детектирования нештатных ситуаций [7]. Определение параметров транспортного потока производится с помощью видеофиксации, спутникового мониторинга ГЛОНАСС / GPS, датчиков параметров транспортного потока, на основе данных мобильных операторов и систем навигации.

Ядро системы управления осуществляет обработку исходной информации: расчёт уровня загрузки улично-дорожной сети, определение геозон влияния

Труды Седьмой всероссийской научной конференции "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", 28-30 мая, Уфа-Ставрополь, Россия, 2019

нештатных ситуаций, выбор сценариев управления и генерацию управляющих сигналов.

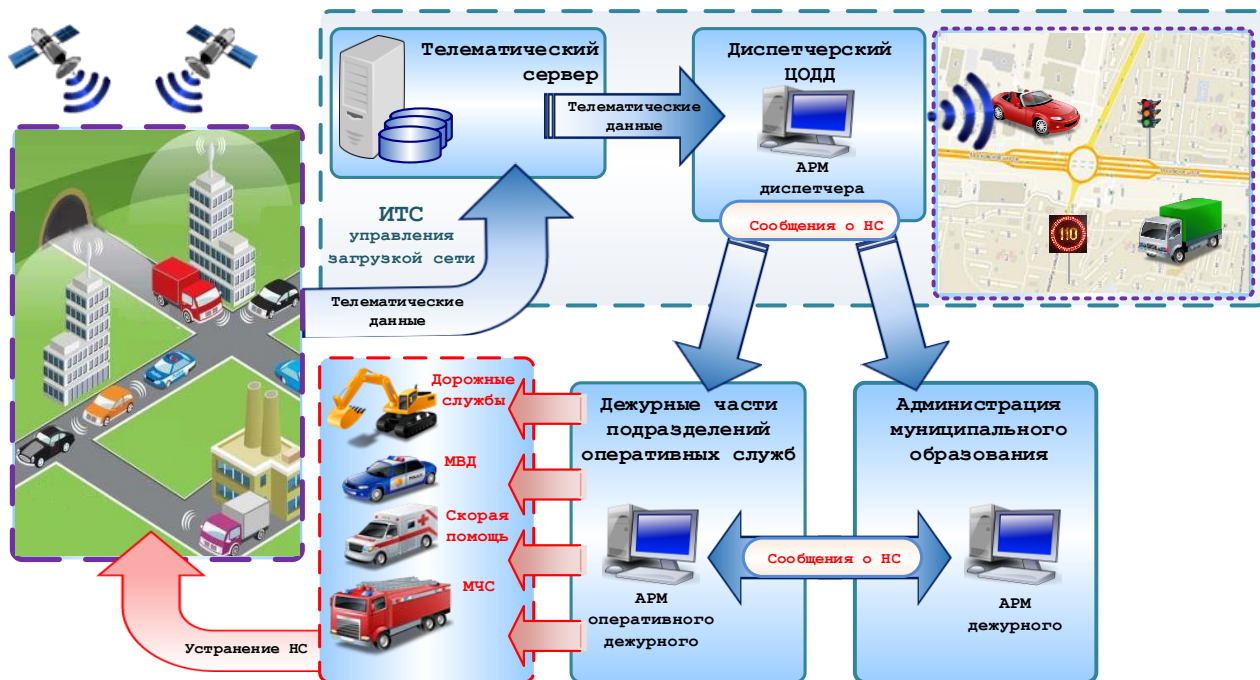


Рис. 1. Функциональная схема

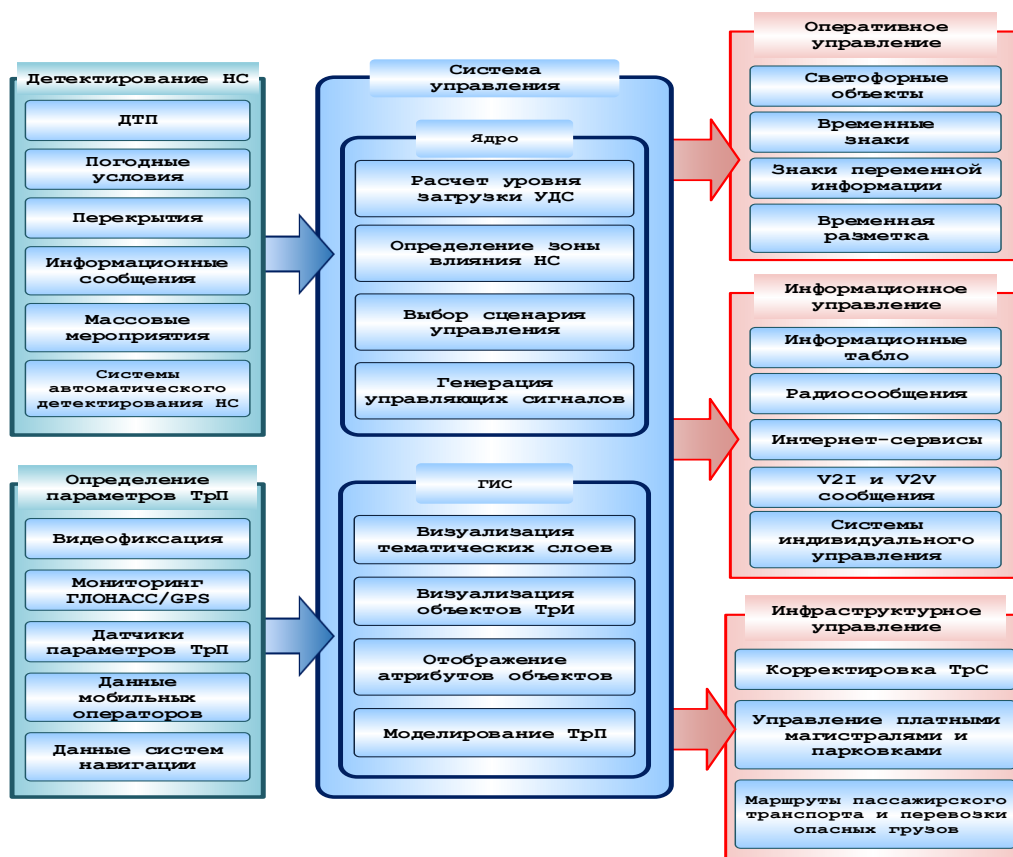


Рис. 2. Задачи системы управления загрузкой сети

Работа с ГИС заключается в визуализации тематических слоёв карты и объектов транспортной инфраструктуры на ней, отображении атрибутов объектов. Осуществляется моделирование транспортных потоков [8].

Операционное управление заключается в воздействии на транспортные потоки с помощью светофорных объектов, временных дорожных знаков, знаков переменной информации, временной разметки. Информационное управление осуществляется с помощью информационных табло, сообщений в

радиоэфире, интернет-сервисов, сообщений между объектами инфраструктуры V2X, систем индивидуального управления [10]. Инфраструктурное управление заключается в корректировке транспортной сети, управлении платными магистралями и парковками, разработке маршрутов пассажирского транспорта и маршрутов перевозки опасных грузов.

1. Назначение, возможности и структура системы управления загрузкой транспортной сети

Функциональные возможности системы управления загрузкой транспортной сети покрывают весь спектр задач, возникающих в процессе повышения качества и безопасности функционирования транспортной инфраструктуры. Выделены основные задачи:

- мониторинг оперативной информации и состояния объектов транспортной инфраструктуры, детектирование нештатных ситуаций [11];
- определение параметров транспортных потоков;
- управление загрузкой транспортной сети [3];
- дислокация нештатных ситуаций на электронной карте, моделирование и прогнозирование транспортных потоков;
- оперативное управление транспортными потоками;
- информационное обеспечение участников дорожного движения [4];
- инфраструктурное управление транспортной сетью.

Функциональная структура системы управления загрузкой транспортной сети сформирована из ядра системы и подсистем мониторинга нештатных ситуаций на УДС, учёта нештатных ситуаций на УДС, управления транспортными потоками (ТрП), информационного обеспечения участников движения, моделирования ТрП.

Функциональная спецификация ядра системы:

- коммуникация с локальными и удалёнными базами данных;
- реализация интерфейса взаимодействия с геоинформационной системой;
- обеспечение обмена информацией и сигналами между ядром, подсистемами и сторонними системами;
- предоставление возможности интеграции системы в другие системы;
- импорт исходных данных для обработки;

- экспорт результатов обработки в форматах, пригодных для использования в других системах;
- визуализация результатов обработки.

Функциональная спецификация подсистемы мониторинга:

- получение информации от служб экстренного реагирования, измерительных, метеорологических и прочих технических и информационных систем;
- определение параметров участков транспортной сети и транспортных потоков на основе полученных данных;
- определение области влияния нештатных ситуаций;

Функциональная спецификация подсистемы учёта:

- ввод информации о нештатных ситуациях в базу данных
- хранение в базе данных статической и динамической информации о нештатных ситуациях;
- редактирование и удаление информации о нештатных ситуациях из базы данных;
- выборка и визуализация информации о нештатных ситуациях на электронной карте.

Функциональная спецификация подсистемы управления:

- приём сигналов, генерируемых другими подсистемами в случае необходимости управления;
- получение из справочников базы данных перечня существующих исполнительных устройств (дорожные знаки переменной информации, светофорные контроллеры и т.д.) и их свойств;
- информационная поддержка дислокации ТСОДД;
- определение зон управления и зон информирования участников движения;
- формирование набора управляющих сигналов для исполнительных устройств;
- отслеживание параметров, получаемых подсистемой мониторинга, с целью реализации обратной связи;
- передача управляющих сигналов для исполнительных устройств в необходимом формате.

Функциональная спецификация подсистемы информационного обеспечения участников движения:

- приём сигналов, генерируемых другими подсистемами в случае необходимости информирования;
- получение из баз данных перечня существующих устройств и систем информирования (информационные табло, сервисы рассылки сообщений и т.д.) и их свойств;
- информационная поддержка дислокации информационных табло;
- формирование набора управляющих сигналов для устройств и систем информирования;
- передача управляющих сигналов для устройств и систем информирования в необходимом формате.

Функциональная спецификация подсистемы моделирования:

- выбор метода моделирования для решения поставленных задач;
- определение дислокации нештатных ситуаций;
- проведение моделирования транспортных потоков;

Система построена по принципу трёхслойной архитектуры и состоит из следующих частей (рисунок 3):

- сервер баз геоданных (БГД), хранящий данные об объектах транспортной инфраструктуры и нештатных ситуациях с геопространственной привязкой;
- сервер приложений, обеспечивающий функционал и бизнес-логику системы;
- клиенты;
- средства мониторинга и управления (аппаратная часть системы).

Безопасное хранение и манипулирование структурированными данными обеспечивается используемой СУБД.

Сервер приложений предназначен для размещения сервисов обработки данных, обеспечивает разграничение прав доступа пользователей системы, шифрование и защиту данных, реализует каналы для взаимодействия с клиентами и базами данных. Клиентская часть системы обеспечивает доступ пользователей к сервисам посредством графического интерфейса и информационных или управляющих сигналов.

Сервисы и базы данных, необходимые для работы системы, и их резервные копии могут быть размещены в распределённых системах обработки данных («облаках»).

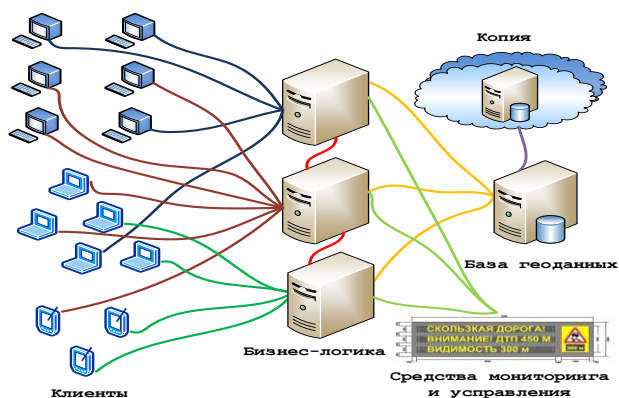


Рис. 3. Трёхслойная архитектура системы

База геоданных является хранилищем геопространственных и атрибутивных данных, основными из которых являются:

- базовые слои электронной карты населённого пункта;
- слои электронной карты, содержащие объекты ТРИ, необходимые для работы подключенных подсистем (дорожные знаки, остановочные пункты, организации);
- реестры и справочники.

Геопространственные и атрибутивные данные хранятся с помощью СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS, которое определяет специальный тип данных (*spatial*-данные) и набор необходимых для работы с ними функций и индексов. Частью системы является геоинформационная платформа ITSGIS, включающая в себя инструментарий для просмотра и редактирования слоёв электронной карты с геообъектами, масштабирования, поиска и работы с атрибутивными данными.

ER-модели данных, используемые в системе:

- «Графовые и полигональные объекты транспортной сети»;
- «Нештатная ситуация на УДС»;
- «Технические средства управления транспортной инфраструктурой».

Клиентская часть системы реализована в виде «толстых» и «тонких» клиентов. «Толстые» клиенты – приложения *Microsoft .NET* на базе паттерна WPF, размещаемые на стационарных клиентских компьютерах и мобильных устройствах. «Тонкие» клиенты – веб-приложения на базе *HTML, CSS, PHP* и *JavaScript*, использующие браузер в качестве пользовательского интерфейса. Клиентские приложения оснащены возможностью конфигурирования пользовательского интерфейса в соответствии с набором сервисов, имеющихся в системе и доступных для авторизованного пользователя.

Инструментальные средства системы управления загрузкой транспортной сети

В соответствии с решаемыми задачами разработаны программные модули управления загрузкой транспортной сети.

Задачи мониторинга решаются с помощью модулей:

- *Plugin_GetInfo* – модуль «Получение дорожной информации»;
- *Plugin_FindNetParams* – модуль «Определение параметров сети»;
- *Plugin_FindVecParams* – модуль «Определение параметров транспортных потоков»;
- *Plugin_FindInfl* – модуль «Определение области влияния».

Учёт нештатных ситуаций реализован в модулях:

- *Plugin_IncidentAccounting* – модуль «Учёт нештатных ситуаций»;
- *Plugin_IncidentCenter* – модуль «Поиск очагов аварийности».

Выбор стратегий функционирования системы в различных условиях реализован в модулях:

- *Plugin_FindGoal* – модуль «Поиск целей»;
- *Plugin_Feedback* – модуль «Обратная связь»;
- *Plugin_MotionSimul* – модуль «Моделирование движения»;
- *Plugin_FindNetParams* – модуль «Определение параметров сети».

Задачи управления и информирования решаются с помощью модулей:

- *Plugin_GenSignal* – модуль «Генерация управляющих воздействий».

Для хранения, редактирования, анализа и визуализации данных об объектах ТРИ, необходимых для работы системы, используются следующие модули:

- *Plugin_Info* – модуль «Объекты на карте»;
- *Plugin_Sign* – модуль «Дорожные знаки»;
- *Plugin_VarSign* – модуль «Знаки переменной информации»;
- *Plugin_InformDevice* – модуль «Устройства информирования»;
- *Plugin_TrafficLight* – модуль «Светофоры»;
- *Plugin_RoadMark* – модуль «Дорожная разметка».

Базовая картографическая информация получается из геоинформационной системы *ITSGIS* и открытого картографического проекта *OpenStreetMap*. Данные в ГИС *ITSGIS* хранятся в виде слоёв электронной

карты, каждый из которых содержит точные геометрические параметры геообъектов, в том числе формирующих граф УДС. Каждый слой содержит объекты определённого класса, имеющие привязку к координатам. Хранение и обработка геообъектов осуществляются в соответствии со спецификацией *OGC*. Проектирование системы управления загрузкой сети произведено с использованием языка *UML*. Многоуровневая архитектура системы представлена сервером баз геоданных, сервером приложений, телематическим сервером и клиентами.

Функционал системы управления загрузкой транспортной сети

Осуществлена реализация программных модулей, обеспечивающих основной функционал разрабатываемой системы – дислокация нештатных ситуаций, сбор статистических данных, моделирование транспортных потоков, выявление геозон влияния нештатных ситуаций. Исследование управления загрузкой сети произведено с помощью моделирования движения в присутствии нештатных ситуаций на транспортной сети.

Временные состояния нештатных ситуаций

Возможные переходы между состояниями отображены на диаграмме состояний (рисунок 4.).

Отображение нештатных ситуаций в разных состояниях на электронной карте в среде *ITSGIS* показано на рисунке 5. Предусмотрена выгрузка настраиваемых отчётов в формате *.xlsx*. Пример отчёта обо всех нештатных ситуациях, информация о которых поступила в определённый период, приведён на рисунке 6. На рисунке 7 приведён пример отчёта о нештатных ситуациях, нормативный срок устранения которых истёк на определённый момент времени.

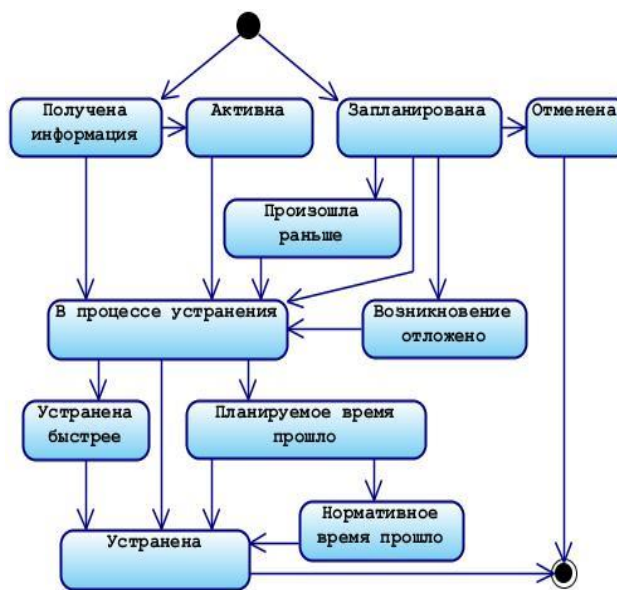


Рис. 4. Диаграмма состояний нештатной ситуации



Рис. 5. Отображение различных временных состояний нештатной ситуации на электронной карте

№	Дата поступления	Место инцидента	Суть инцидента	Ф.И.О. переадресовано
1	10.01.2017	КОВОС-САДОВАЯ УЛИЦА - СОВЕТСКОЙ АРМИИ УЛИЦА	не работает светофор	Иванова
2	10.01.2017	ФОРУМЕ УЛИЦА -	открытый колодезь	Харисова
3	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА -	утопая лопата	Лазарева
4	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА - СВОБОДЫ УЛИЦА	не работает светофор	Харисова
5	10.01.2017	СТАРА ЗАГОРА УЛИЦА - СОВЕТСКОЙ АРМИИ УЛИЦА	молочный ремонт проезжей части	Лазарева
6	10.01.2017	ФИНКУЛЬТУРНАЯ УЛИЦА - КАЛИНИНА УЛИЦА	объект краски с дор. знака	Иванова
7	10.01.2017	ГРУЗИНСКАЯ УЛИЦА -	замена поврежденного столба	Петрова
8	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА -	молочный ремонт проезжей части	Лазарева
9	10.01.2017	КЛИРОВА ПРОСПЕКТ -	разбитая лопата светофора	Иванова
10	10.01.2017	АВАНАДИОНОВАЯ УЛИЦА -	открытый колодезь	Харисова
11	10.01.2017	КРАСНОАРМЬСКАЯ УЛИЦА - СПОРТИВНАЯ УЛИЦА	утопая лопата	Лазарева
12	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА -	замена поврежденного столба	Петрова
13	10.01.2017	КЛИРОВА ПРОСПЕКТ - ЮНЫХ ПИОНЕРОВ ПРОСПЕКТ	проем кабеля светофора	Петрова
14	10.01.2017	КОВОС-САДОВАЯ УЛИЦА - АМВЕРОВА УЛИЦА	объект краски с дор. знака	Харисова
15	10.01.2017	СПОРТИВНАЯ УЛИЦА -	открытый колодезь	Лазарева
16	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА - СВОБОДЫ УЛИЦА	объект краски с дор. знака	Лазарева

Рис. 6. Отчёт о поступивших заявках

№	Дата поступления	Место инцидента	Суть инцидента	Ф.И.О. переадресовано
1	10.01.2017	ФОРУМЕ УЛИЦА -	открытый колодезь	Харисова
2	10.01.2017	КАЛОМЫШЕНСКАЯ УЛИЦА - СВОБОДЫ УЛИЦА	не работает светофор	Харисова
3	10.01.2017	СТАРА ЗАГОРА УЛИЦА - СОВЕТСКОЙ АРМИИ УЛИЦА	молочный ремонт проезжей части	Лазарева
4	10.01.2017	КЛИРОВА ПРОСПЕКТ -	разбитая лопата светофора	Иванова
5	10.01.2017	АВАНАДИОНОВАЯ УЛИЦА -	открытый колодезь	Харисова
6	10.01.2017	КРАСНОАРМЬСКАЯ УЛИЦА - СПОРТИВНАЯ УЛИЦА	утопая лопата	Лазарева
7	10.01.2017	КЛИРОВА ПРОСПЕКТ - ЮНЫХ ПИОНЕРОВ ПРОСПЕКТ	проем кабеля светофора	Петрова
8	10.01.2017	СПОРТИВНАЯ УЛИЦА -	открытый колодезь	Лазарева

Рис. 7. Отчёт о нештатных ситуациях с истёкшим нормативным сроком устранения

Список используемых источников

1. Михеев, С.В. Диагностика состояния транспортной инфраструктуры с использованием нейронных сетей [Электронный ресурс] / С.В. Михеев, А.В. Сидоров, А.А. Осъмушин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – URL: www.science-education.ru/113-11807.
2. Михеев, С.В. Обмен информацией V2I в геоинформационной транспортной системе в условиях критических ситуаций / С.В. Михеев, А.А. Осъмушин, О.К. Головнин //

Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 4 (2). – С. 399–403.

3. Михеев, С.В. Модель управления дорожным движением в критических ситуациях в среде геоинформационной системы / С.В. Михеев, А.А. Осъмушин, Д.А. Михайлов // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем. / Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2013. – С. 65-68.
4. Mikheev, S.V. Traffic flow control by LED road signs / S.V. Mikheev, T.I. Mikheeva, A.A. Osmushin /Computer Science and Information Technologies // Proceedings of the 14th international workshop on computer science and information technologies CSIT'2012, Ufa – Hamburg – Norwegian Fjords, 2012. – Pp. 26–29.
5. Валуев, А.М. Моделирование транспортных процессов в формализме гибридных систем / А.М. Валуев // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014: сборник трудов. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 5033 – 5043.
6. Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А.В. Гасников, С.Л. Кленов и др. – М.: МФТИ, 2010. – 362 с.
7. Дивеев, А.И. Идентификация математической модели управления транспортными потоками в сети городских дорог на основе теории управляемых сетей / А.И. Дивеев, Е.А. Софронова // Идентификация систем и задачи управления SICPRO'12: труды IX международной конференции. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2012. – С. 301 – 309.
8. Егунов, М.М. Анализ структурной надёжности транспортной сети / М.М. Егунов, В.П. Шувалов. – Новосибирск: Вестник СибГУТИ, 2012. – №1. – С. 54 – 60.
9. Запорожцева, Е.В. Анализ напряженных состояний транспортных потоков / Е.В. Запорожцева // Вестник харьковского национального автомобильно–дорожного ун-та. – 2009. – № 47. – С. 36 – 39.
10. Зырянов, В.В. Применение моделирования для оценки проектов транспортной инфраструктуры / В.В. Зырянов, В.Г. Кочерга // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сборник научных трудов. – 2012. – № 3. – С. 7 – 12.
11. Михеева Т.И., Сидоров А.В., Головнин О.К. Информационная технология автоматической дислокации геообъектов транспортной инфраструктуры на улично-

- дорожной сети / Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013) //Труды межд. научно-техн. конф. – Самара: Изд-во Самарск. науч. центра РАН , 2013. – С.236-241.
12. 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.
 13. Маркуц, В.М. Фотограмметрический метод определения параметров транспортных потоков [Электронный ресурс] / В.М. Маркуц. – Режим доступа: <http://markuts-v.narod.ru/index/0-14>.
 14. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Плагины / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, и др. – Самара : Интелтранс, 2016. – Т.2. – 217 с.
 15. Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К., Сапрыкин О.Н. Паттерны проектирования сложноорганизованных систем. – Самара : Интелтранс, 2015. – 216 с.