УДК 004.9

DOI: 10.15827/0236-235X.121.012-018

Дата подачи статьи: 12.12.17

2018. Т. 31. № 1. С. 012–018

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ

Т.И. Михеева¹, д.т.н., профессор, mikheevati@gmail.com

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

С позиции системного анализа среди задач, решаемых в рамках управления функционированием транспортной инфраструктуры, отдельно стоит мониторинг характеристик улично-дорожной сети, транспортных потоков, технических средств управления движением. Решение таких задач требует инструментов, обеспечивающих эти процессы универсальными средствами создания и динамической модификации объектов.

В качестве методологической и информационной основы построения геоинформационной системы управления функционированием транспортной инфраструктуры используются модели таксономии, которые лежат в основе объектно-ориентированного конструирования инструментальных сред, ориентированных на разработку сложноорганизованных систем. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS является средством для хранения и обработки геоданных, обладает огромным потенциалом в области интеллектуальной поддержки принятия решений. Области применения ITSGIS основаны на задачах сетецентрического управления. Интеллектуальность ITSGIS обеспечивается наличием в функционале нейросетевых технологий. С помощью нейросетей сформирован универсальный аппарат, решающий различные специфические задачи из разных проблемных областей, в том числе в управлении транспортными процессами.

Одной из подсистем ITSGIS является система экспертной дислокации технических средств организации дорожного движения на тематические слои электронной карты, предназначенная для проверки корректности установки дорожных знаков и светофоров. Для выявления мест концентрации ДТП на карте в интеллектуальной транспортной системе реализованы методы, основанные на использовании интеллектуальной технологии Data Mining. В геоинформационной составляющей ITSGIS ведется учет геообъектов (полигональных, линейных, точечных) электронной карты с их семантическим наполнением (назначение геообъекта, принадлежность организации, отсканированные документы, контакты для связи с населением).

Ключевые слова: системный анализ, транспортная инфраструктура, геоинформационные технологии, интеллектуальные транспортные системы, сетецентрическое управление, тематические слои электронной карты.

С точки зрения теории системного анализа автоматизированная информационная система должна включать в себя не только БД, содержащую некоторую информацию об объектах, какие-либо текстовые документы, но и методы и модели, использующие хранимую информацию при решении задач поддержки принятия решения, интеллектуальном анализе данных, проектировании и прогнозировании, при разработке методик управления *транспортной инфраструктурой* (Три) в целом и детализированно – организациями, предприятиями, транспортными и пешеходными потоками.

Большинство таких систем создаются методом прямого программирования, что требует огромных трудозатрат. В связи с этим в распоряжение пользователя необходимо предоставить инструментальные средства, не требующие от него квалификации программиста и дающие возможность работать в конкретной предметной области с учетом его профессионального кругозора. Все это и определяет проблему объектно-ориентированного конструирования инструментальных сред, ориентированных на разработку систем со сложноорганизованной структурой [1]. Решение таких задач требует инструментов, обеспечивающих эти процессы универсальными средствами создания и динамической модификации объектов. В качестве методологической и информационной основы построения *геоинформационной системы* (ГИС) управления Три

целесообразно использовать модели программной таксономии (наследования свойств). Такие модели декомпозиции предметной области, как сетевые, иерархические, реляционные, определяют только статические виды межклассовых отношений. В отличие от них таксономия обеспечивает не только структурирование информации, но и наследование методов обработки иерархических структур, дает возможность определять единое по имени действие, применимое ко всем объектам иерархии наследования. Таким образом, таксономия в наибольшей степени адекватна задачам разработки инструментов, обеспечивающих достижение целей управления. Повышение управленческого уровня при этом происходит в силу эволюционного характера процесса. Эволюция процесса достигается за счет того, что таксономическая модель позволяет рекурсивно определять понятия предметной области, начиная с общих представлений и отношений и развивая их вглубь путем реализации наслонений новых знаний из данной предметной области, получаемых в процессе проектирования, моделирования и прогнозирования.

Непрерывный рост уровня автомобилизации российских городов предъявляет все более высокие требования к совершенствованию управления Три. Одной из важнейших задач становится повышение пропускной способности *улично-дорожной сети* (УДС), что, в свою очередь, обуславливает

необходимость решения широкого перечня задач: строительство городских скоростных дорог, развитие методов управления транспортными потоками, включая применение интеллектуальных транспортных систем, и т.д. Для этого требуется автоматизация сбора информации о характеристиках транспортных потоков, развитых методов оценки пропускной способности, без которых невозможны как проектирование организации движения, так и верификация результатов моделирования транспортных потоков.

С позиции системного анализа среди задач, решаемых в рамках управления функционированием ТрИ, отдельно стоит мониторинг характеристик УДС, транспортных потоков, технических средств управления движением. Мониторинг характеристик УДС включает в себя паспортизацию участков сети, транспортных развязок и тоннелей, надземных и подземных пешеходных переходов, железнодорожных переездов, аварийно-восстановительных работ на УДС [2, 3]. Решение задач мониторинга технических средств организации дорожного движения подразумевает использование современных геоинформационных технологий, создание БД дорожных знаков, разметки, светофорных объектов, ограждений и т.д.

Для развития информационного обеспечения характерно наличие механизмов формализации знаний, адаптирующихся под интеллектуальный кругозор пользователя. Интеллектуальная транспортная ГИС ITSGIS базируется на успешно развивающейся информационной технологии, объединяющей в себе возможность создания тематических слоев, работы с БД, с объектами ТрИ, с визуализацией данных в виде интерактивных геообъектов на географической карте. Система является удобным средством для хранения и обработки геоданных, обладает огромным потенциалом при поддержке принятия решений.

У интеллектуальной транспортной ГИС есть одна важная особенность – широкий круг пользователей, которым нужна информация о транспортных сетях и объектах ТрИ: дорожники, создающие и поддерживающие сети в рабочем состоянии; водители, осуществляющие грузовые и пассажирские перевозки; рядовые пассажиры и водители, пользующиеся транспортом для проезда [4]. В Северной Америке и Европе созданы и широко доступны ГИС-пакеты, содержащие дорожные БД с полноценной визуализацией электронной карты. В России в настоящее время есть множество ведомственных ГИС, каждая из которых является частью общей картины, но эти ГИС разрознены, мало совместимы и практически недоступны массовому потребителю. Создание единой интеллектуальной геоинформационной основы поможет решить эту проблему.

Области применения ITSGIS можно разделить на предназначенные для решения задач сетечен-

трического управления и ориентированные на отдельный транспортный геообъект. Такое деление связано, прежде всего, с существенно разной функциональностью. В первом случае важны все описательные характеристики объектов, их детальные планы, увязка с БД имущества, кадастром и т.д. Во втором важно знать, как объекты ТрИ связаны, какова пропускная способность участков сети, как можно двигаться из одного пункта в другой, какова дислокация технических средств организации дорожного движения и т.д.

Интеллектуальность ITSGIS обеспечивается наличием нейросетевых технологий [5]. С помощью нейросетей сформирован универсальный аппарат для решения различных специфических задач из разных проблемных областей, в том числе в управлении транспортными процессами. Такая универсальность обуславливается тем, что нейросети дают стандартный способ решения многих нестандартных задач. Возможно, что специализированная программа лучше решает какой-либо класс задач, однако намного важнее, что один нейроимитатор может решить задачу как одного, так и другого класса. При этом отпадает необходимость в создании специализированных приложений для каждой специфической задачи. Геоинформационные технологии ITSGIS, использующие нейросети, позволяют объединить две задачи: распознавание образов и классификацию. Нейросеть более гибка по отношению к внешним факторам, таким как возникновение теней или положение камеры. Обнаруженное с помощью нейронной сети транспортное средство может быть классифицировано как относящееся к одному из нескольких типов с учетом его государственного номера, марки, наличия или отсутствия в розыске и т.д.

В своем функционале ITSGIS имеет нейросеть, способную классифицировать городскую уличную обстановку по степени ее перегруженности, анализировать сезонные изменения интенсивности транспортных потоков уличного трафика. Ограниченность этой работы заключается в трудности переносимости результатов, так как обучение сети осуществляется на сугубо специфическом наборе данных, предоставленных конкретной ТрИ. Кроме того, имеется существенная зависимость от характеристик сечения УДС, и данные должны быть получены в узком сезонном промежутке. К рассматриваемому классу задач относится также задача идентификации затора, вызванного чрезвычайной ситуацией, возникшей на дороге.

Одно из решений, способных увеличить надежность и достоверность результатов работы ITSGIS как системы управления ТрИ, заключается в наличии нескольких различных моделей, построенных на основе разных методов моделирования. Поскольку невозможно заранее узнать, какая из моделей даст лучший прогноз при текущих условиях, в ITSGIS реализована возможность объединения мо-

делей для получения гибридного решения [6]. Гибридизация в геоинформационных технологиях ITSGIS состоит в совместном применении различных методов и моделей для обработки информации об одном и том же объекте. Парадигма такого подхода основана на согласии с тем, что любая сколь угодно сложная искусственная модель реального объекта всегда будет примитивнее и проще оригинала, и только его многоаспектное изучение с последующей интеграцией получаемых результатов позволит обрести необходимые знания или приблизиться к оптимальному решению. Логично ожидать от гибридизации, что совместное решение отразит реальность тщательнее, чем любая единичная модель за долгий промежуток времени.

Подсистемы в ITSGIS используют общие данные и схожие алгоритмы доступа к ним [7]. Унифицированная программная инфраструктура ITSGIS разработана на базе платформы Microsoft .NET, включает стандартный набор элементов уровней бизнес-логики и представления и облегчает создание прикладных клиент-серверных приложений, ориентированных на решение задач управления ТРИ урбанизированной территории [8, 9]. В программной инфраструктуре ITSGIS выделены серверное и клиентские ядра. Серверное ядро обеспечивает подключение к БД, авторизацию и аутентификацию пользователя, управление работой всех компонентов системы в целом.

В ITSGIS входит система экспертной дислокации технических средств организации дорожного движения на УДС (электронная карта), предназначенная для проверки корректности установки дорожных знаков и светофоров согласно ГОСТ Р 52289-2004.

В системе реализованы следующие функциональные блоки:

- просмотр данных об установленных объектах;

- анализ допустимости установки объекта на участок УДС;
- установка/удаление/редактирование объекта в среде ГИС;
- отчет об установке/отказе в установке со ссылкой на ГОСТ.

На рисунке 1 показан процесс установки дорожного знака согласно экспертной системе в некоторую точку УДС или дополнительного дорожного знака на одну опору с уже существующей группой знаков.

Система мониторинга нештатных ситуаций на УДС предназначена для контроля, учета и своевременного устранения ситуаций, возникающих в процессе функционирования ТРИ [10].

В системе реализованы следующие функциональные блоки:

- сбор, классификация и запись в соответствующие таблицы БД поступивших оперативных сообщений;
- назначение исполнителей и передача сообщения соответствующей организации;
- автоматическая установка и контроль сроков устранения нештатных ситуаций;
- подготовка различных видов отчетной документации;
- отображение нештатных ситуаций на электронной карте в ITSGIS (рис. 2).

Учет и анализ ДТП в ITSGIS осуществляются в целях оценки состояния аварийности, выявления причин и условий возникновения происшествий и принятия мер по их устранению.

ДТП наносится на карту в отдельный информационный слой, затем интеллектуальная процедура ITSGIS анализирует эту информацию и автоматически строит слой карты с очагами аварийности. Оперативное выявление мест концентрации ДТП необходимо для дальнейшей разработки и внедре-

Рис. 1. Установка дорожного знака на карту в ITSGIS: а) выбор дорожного знака из БД, б) карта с дислоцированными дорожными знаками

Fig. 1. Installation of a traffic sign on the map in ITSGIS
a) selection of a traffic sign from the database, b) a map with deployed traffic signs

Рис. 2. Отображение флажками на карте нештатных ситуаций

Fig. 2. Displaying emergency situations on a map with pins

ния мероприятий по снижению аварийности и повышению уровня безопасности дорожного движения, для оптимальной расстановки сил и средств дорожно-патрульной службы ГИБДД и принятия эффективных мер по снижению вероятности возникновения ДТП.

Для выявления мест концентрации ДТП на карте в интеллектуальной транспортной системе (ИТС) реализованы методы, основанные на использовании интеллектуальной технологии Data Mining [11, 12]:

- алгоритмы кластеризации на основе решеток, выполняющие квантование пространства кластеризации на конечное число ячеек: клеточный и циркулярный;
- алгоритмы триангуляции Делоне, выполняющие планарное разбиение плоскости на M фигур,

одна из которых является внешней бесконечной, а остальные треугольниками.

Сравнительный анализ алгоритмов позволяет выявить области предпочтения их использования в задачах определения мест концентрации пространственных объектов.

Система учета территорий [13] в ITSGIS предназначена для выявления так называемых белых пятен на карте по закреплению городских территорий за управляющими компаниями, обеспечивающими уборку проезжих частей, тротуаров, газонов, парков, скверов, придомовых территорий и других объектов городской инфраструктуры (рис. 3).

В целях обеспечения максимальной эффективности мероприятий по совершенствованию функционирования ТРИ, реализуемых в городе, начиная от определения параметров работы светофорных объектов и заканчивая сложными комплексными решениями, реализуемыми использованием в управлении ИТС, необходимы решение задач по сбору, обработке данных об интенсивности транспортных потоков и создание специализированного тематического слоя с этими данными. Одной из задач, решаемых в среде ITSGIS с использованием данных тематического слоя об интенсивности, является моделирование движения транспортных потоков на УДС. Система моделирования управления транспортными потоками, построенная на основе паттернов поддержки принятия решений, предназначена для исследования их поведения при различных стратегиях управления с использованием расширенной модели УДС и обеспечивает:

- обработку результатов измерения интенсивности транспортного потока на УДС города, хранящихся в БД ITSGIS;

Рис. 3. Отображение слоев карты и закрепленных территорий в ITSGIS

Fig. 3. Displaying of map layers and secured areas in ITSGIS

- проведение имитационного моделирования;
- отображение карт распределения характеристик транспортного потока в ITSGIS по результатам имитационного моделирования либо обработки результатов измерения интенсивности транспортных потоков на УДС города.

Пропускная способность транспортной сети напрямую связана с интенсивностью дорожного движения, которая определяется числом транспортных средств, проезжающих через некоторое сечение дороги в единицу времени. Подсистема «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» предназначена для хранения, обработки и визуализации на электронной карте в среде ГИС информации об интенсивности транспортных потоков на УДС.

Для осуществления процесса моделирования из БД выбираются соответствующие данные о характеристиках УДС, интенсивности транспортных потоков и видах транспортных средств. Информация об интенсивности транспортных потоков требует хранения ее пространственно-временных характеристик в БД, так как интенсивность зависит не только от географического месторасположения «точки сбора», но и от времени суток, дня недели, месяца, года, погодных условий. Каждое измерение интенсивности на УДС представлено в БД экземпляром сущности *Измерение_Интенсивности*. Измерение интенсивности уникально идентифицируется датой/временем измерения и местоположением.

Снимки интенсивности представлены в БД сущностями *Снимок*, *Снимок_Интенсивности*, *Транспортный_Район*.

Сущность *Снимок* – это контрольная точка – состояние УДС, зафиксированное в БД. Все экземпляры сущности *Снимок_Интенсивности*, состоящие в ассоциации с одним и тем же экземпляром сущности *Снимок*, описывают УДС в одном и том же состоянии (например, в 08.30 утра, в 19.00 вечера).

Снимок_Интенсивности – это значение интенсивности и пропускной способности соответствующей дуги графа УДС, зафиксированное в соответствующем снимке. Если при формировании снимка для некоторой дуги графа УДС найден подходящий результат измерения интенсивности, результаты измерения будут включены в снимок. Если подходящий результат измерения интенсивности не найден, снимок интенсивности помечается как вычисляемый. Кроме ключевых атрибутов, *Снимок_Интенсивности* характеризуется значениями приведенной интенсивности (авт./час), пропускной способности (авт./час), флагом «вычисляемое» и абсолютной погрешностью, которая является мерой противоречивости имеющихся данных об интенсивности на дуге графа.

Предусмотрена возможность импорта данных, хранящихся в других форматах, например, из файлов MS Excel; обеспечен экспорт данных в различные подсистемы: нейросетевого анализа для прогнозирования будущей интенсивности, роста аварийности; локального управления транспортными потоками на перекрестке для построения оптимальной структуры светофорного цикла.

Система «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» позволяет осуществлять визуализацию данных об интенсивности на карте разными способами (рис. 4):

Рис. 4. Отображение интенсивности транспортных потоков на карте

Fig. 4. Displaying a traffic flow intensity on a map

- в виде точки с привязкой к ней числового значения интенсивности и даты измерения;
- в виде линий различной толщины в зависимости от значения интенсивности;
- в виде точки или линии различными цветами в соответствии с градацией цвета по величине значения интенсивности;
- комбинированным способом, при котором величина интенсивности влияет как на цвет, так и на толщину символов.

Для отображения результатов моделирования в ITSGIS разработан специальный программный модуль, основное назначение которого – связать различные форматы хранения данных с элементами графа УДС, хранящегося в виде карты (с дугами и узлами графа УДС).

Основные операции:

- импорт из файла снимка значений интенсивностей транспортного потока на дугах графа и величины транспортного спроса (отдельно входящего, исходящего либо суммарного);
- добавление внешних по отношению к ITSGIS данных (распределения скорости, транспортной задержки, уровня шума) в виде временных столбцов к элементам графа УДС, хранящимся в таблицах ITSGIS;
- импорт из БД из выбранного пользователем снимка значений интенсивностей транспортного потока на дугах графа и величины транспортного спроса, значений абсолютной погрешности процедуры восстановления интенсивностей и меры достоверности.

Импортируемые данные добавляются в соответствующие таблицы ITSGIS и становятся атрибутами сущностей графа УДС (узлов и дуг). Это позволяет производить дальнейший анализ импортированных данных средствами ITSGIS – делать выборки, строить тематические карты и т.п. Модуль отображения результатов моделирования реализован в виде динамической библиотеки и использующей ее программы, что позволяет расширять возможности ITSGIS: добавлять пользовательские панели инструментов, выполнять SQL-запросы, манипулировать объектами на карте. Программный код содержит диалоговые окна, позволяющие пользователю указать имя файла или название снимка для импорта.

Наглядное представление информации об интенсивности транспортных потоков в ГИС позволяет облегчить решение следующих задач:

- построение оптимальных транспортных маршрутов;
- построение маршрутов для перевозки опасных грузов;
- разработка схем регулирования движения транспортных потоков;
- анализ состояния моделей УДС и Три;

- оптимизация величины движения городского муниципального и коммерческого транспорта и т.д.

В геоинформационной составляющей ITSGIS ведется учет любых объектов (полигональных, линейных, точечных) электронной карты с их семантическим наполнением (назначение объекта, принадлежность организации, отсканированные документы, контакты для связи с населением и т.д.). Интерактивная часть ITSGIS выполнена в веб-интерфейсе и позволяет работать с ней через Интернет. В системе предусмотрено разграничение прав пользователя, что позволяет отделить служебную информацию, работа с которой необходима соответствующим службам, от открытой информации, доступной всем гражданам.

Литература

1. Михеева Т.И., Михеенков И.Е. Программная таксономия – основа для создания гипермедийных систем // Информационные технологии. 1998. № 8. С. 40–43.
2. Бурков С.М., Маркелов Г.Я., Пугачев И.Н. Задачи системного анализа и методология формирования интеллектуальной системы управления транспортным комплексом города // Вестн. ТГУ. 2013. № 4 (31). С. 83–90.
3. Апатцев В.И., Лысков М.Г., Ольшанский А.М. Идеология интеллектуального управления сложными транспортными системами // Наука и техника транспорта. 2014. № 2. С. 62–64.
4. Михеева Т.И., Михеев С.В., Сапрыкин О.Н. Управление транспортной инфраструктурой. Самара: Интелтранс, 2015. 173 с.
5. Михеева Т.И., Сидоров А.В., Михайлов Д.А. Нейровизуальные модели поддержки принятия решений дислокации объектов управления транспортными потоками // Изв. Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 2 (5). С. 1063–1068.
6. Валуев А.М. Моделирование транспортных процессов в формализме гибридных систем // XII Всерос. совещ. по проблемам управления (ВСПУ-2014): сб. тр. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2014. С. 5033–5043.
7. Михеева Т.И., Головин О.К. Функциональные программные составляющие интеллектуальной транспортной системы // ПИТ-2013: тр. Междунар. науч.-технич. конф. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. С. 273–276.
8. Сапрыкин О.Н., Михеева Т.И., Головин О.К. Паттерны визуализации пространственно-координированных данных // ПИТ-2014: тр. Междунар. науч.-технич. конф. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. С. 360–362.
9. Михеева Т.И., Михеев С.В., Михайлов Д.А. К вопросу об измерении интенсивности транспортных потоков и визуализации в ITSGIS // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: Межвуз. сб. науч. стат. Самара: Изд-во Самарского гос. технич. ун-та, 2011. С. 180–186.
10. Михеев С.В., Осьмушин А.А., Головин О.К. Обмен информацией V2I в геоинформационной транспортной системе в условиях критических ситуаций // Изв. Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 4 (2). С. 399–403.
11. Федосеев А.А., Михеев С.В., Головин О.К. Технологии Data Mining в задачах прогнозирования развития транспортной инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/107-8153> (дата обращения: 11.12.2017).
12. Михеева Т.И. Data Mining в геоинформационных технологиях // Вест. Самарского гос. технич. ун-та: Сер. Технические науки. 2006. № 41. С. 96–99.
13. Михеева Т.И., Головин О.К. Геоинформационная система закрепления территорий на электронной карте // Геоин-

формационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем: Межвуз. науч. сборник. Уфа: Изд-во УГАТУ, 2014. С. 23–28.

14. Головин О.К., Михеева Т.И. Паттерны поддержки

принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2013): тр. Междунар. науч.-технич. конф. Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. С. 267–273.

Software & Systems

DOI: 10.15827/0236-235X.121.012-018

Received 12.12.17

2018, vol. 31, no. 1, pp. 012–018

SYSTEM ANALYSIS OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN GIS ENVIRONMENT

T.I. Mikheeva¹, Dr.Sc. (Engineering), Professor, mikheevati@mail.ru

¹ Samara National Research University, Moskovskoe Highway 34, Samara, 443086, Russian Federation

Abstract. In terms of system analysis, among the tasks solved in the framework of managing transport infrastructure functioning, a separate task is monitoring of road network characteristics, traffic flows, means of traffic control. The solution of such problems requires tools that enable these processes by universal creation means and dynamic modification of objects. The models of the taxonomy serve as a methodological and information base for constructing a geoinformation control system for transport infrastructure operation. These models form the basis of object-oriented design tool environments that are focused on complex systems development. The intelligent transport GIS ITSGIS is a tool for geodata storing and processing. It has a great potential in the field of intelligent decision support. ITSGIS scope is based on tasks of network-centric management. Neural network technologies provide ITSGIS intelligence. Neural networks help forming a universal machine that solves a variety of specific tasks from different domains, including in management of transport processes.

One of the ITSGIS subsystems is the system of expert deployment of traffic organization technical means on thematic layers of an electronic map, which is designed to check the correctness of road signs and traffic lights installation. To identify areas of accident clusters on the map, the system uses methods based on intelligent Data Mining technologies. A geoinformation component of ITSGIS keeps records on geoobjects (polygon, line, point) of an electronic map with their semantic content (geoobjects' purpose, affiliation, scanned documents, citizens' contacts).

Keywords: system analysis, transport infrastructure, geoinformation technologies, intelligent transport systems, network-centric management, electronic map thematic layers.

References

1. Mikheeva T.I., Mikheev I.E. Software taxonomy as a base for hypermedia systems. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies]. 1998, no. 8, pp. 40–43 (in Russ.).
2. Burkov S.M., Markelov G.Ya., Pugachev I.N. Objectives of the system analysis and formation methodology of intellectual system for the city transportation control. *Vestnik TOGU* [Bulletin of PNU]. 2013, no. 4 (31), pp. 83–90 (in Russ.).
3. Apatsev V.I., Lysikov M.G., Olshansky A.M. Ideology of intellectual management of complex transport systems. *Nauka i tekhnika transporta* [Science and Technology in Transport]. 2014, no. 2, pp. 62–64 (in Russ.).
4. Mikheeva T.I., Mikheev S.V., Saprykin O.N. *Upravlenie transportnoy infrastrukturoy* [Managing Transport Infrastructure]. Samara, Inteltrans Publ., 2015, 173 p.
5. Mikheeva T.I., Sidorov A.V., Mikhaylov D.A. Neuroimaging models of decision support dislocations objects traffic management. *Izvestiya SNTs RAN* [Izvestia RAS SamSC]. Samara, 2015, vol. 17, no. 2 (5), pp. 1063–1068 (in Russ.).
6. Valuev A.M. Modeling transport processes in a hybrid system formality. *Sb. tr. XII Vseross. soveshanie po problemam upravleniya (VSPU-2014)* [Proc. 12th All-Russian Conf. on Management Problems]. Moscow, ISU RAS Publ., 2014, pp. 5033–5043 (in Russ.).
7. Mikheeva T.I., Golovnin O.K. Functional software parts of an intelligent transport system. *PIT 2013: Tr. Meghdunar. nauch.-tekhnich. konf.* [PIT-2013 Proc. Int. Science and Tech. Conf.]. Samara, RAS SamSC Publ., 2013, pp. 273–276 (in Russ.).
8. Saprykin O.N., Mikheeva T.I., Golovnin O.K. Visualization patterns of spatially-coordinated data. *PIT 2014: Tr. Meghdunar. nauch.-tekhnich. konf.* [PIT-2014 Proc. Int. Science and Tech. Conf.]. Samara, RAS SamSC Publ., 2014, pp. 360–362 (in Russ.).
9. Mikheeva T.I., Mikheev S.V., Mikhaylov D.A. On the problem of measuring transport flows and visualization in ITSGIS. *Aktualnye problemy avtotransportnogo kompleksa: meghvuz. sb. nauch. statey* [Topical Problems of Road Transport Complex: Interacademic Proc.]. Samara, Samara State Tech. Univ. Publ., 2011, pp. 180–186 (in Russ.).
10. Mikheev S.V., Osmushin A.A., Golovnin O.K. V2I information exchange during critical situations in geoinformation transportation system. *Izvestiya SNTs RAN* [Izvestia RAS SamSC]. Samara, 2014, vol. 16, no. 4 (2), pp. 399–403 (in Russ.).
11. Fedoseev A.A., Mikheev S.V., Golovnin O.K. Data mining in problems of transport infrastructure development forecasting. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2013, no. 1. Available at: <http://www.science-education.ru/107-8153> (accessed December 11, 2017).
12. Mikheeva T.I. Data Mining in geoinformation technologies. *Vestn. Samarskogo gos. tekhnich. univ.* [The bulletin of the Samara State Technical Univ.]. Samara, 2006, no. 41, pp. 96–99 (in Russ.).
13. Mikheeva T.I., Golovnin O.K. A geoinformation system of territories assignment on an electronic map. *Geoinformatsionnye tekhnologii v proektirovani i sozdani korporativnykh informatsionnykh sistem: meghvuz. nauch. sbornik* [Geoinformation Technologies in Design and Development of Corporate Information Systems: Interacademic Proc.]. Ufa, USATU Publ., 2014, pp. 23–28 (in Russ.).
14. Golovnin O.K., Mikheeva T.I. Decision support patterns by location technical means of traffic organization. *PIT 2013: Tr. Meghdunar. nauch.-tekhnich. konf.* [PIT-2013 Proc. Int. Science and Tech. Conf.]. Samara, RAS SamSC Publ., 2013, pp. 267–273 (in Russ.).