



часть через механизм API, оставляя внутреннюю реализацию доступной только в пределах модуля. Для решения задач отображения карты и геообъектов TrИ используется библиотека OpenLayers.js, интегрированная в клиентское приложение и реализованная в виде компонента, управление которым осуществляется посредством API-интерфейса.

В клиентской части системы предусмотрен механизм взаимодействия между различными инструментами для работы с единой электронной картографической основой. В системе реализованы следующие инструменты: измерения расстояний и площадей, поиска по адресному плану объектов TrИ, фильтрации объектов TrИ по различным критериям, определения глобальных и местных координат, отправки сообщений об ошибках в геоданных, получения информации о выбранном на карте объекте.

В результате проделанной работы разработана концепция архитектуры веб-ориентированной системы поддержки принятия решений на основе паттернов, решена задача синтеза веб-ГИС на основе интеллектуальной транспортной системы ITSGIS.

Литература

1. Пуртов, А.М. Разработка геоинформационной системы для анализа автотранспортных сетей // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – № 1(29). – С. 89–95.
2. Головин О.К., Михеева Т.И., Сидоров А.В. Автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений в распределенных средах // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Т. 18, № 5 (66). – С. 131-138.
3. Кудинов А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями // Геоинформатика-2000: труды международной научно-практической конференции. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224-229.
4. Имамутдинов А.Н. WEB-приложение поиска и визуализации пространственной информации «i-GIS» / IT & Транспорт: сб. науч. статей / под ред. Т.И. Михеевой. - Самара: Интелтранс, 2014. – 138 с.
5. Блискавицкий, А.А. Концептуальное моделирование и проектирование ГИС // Информация и связь. – 2013. – № 2. – С. 43–45.
6. Михеева, Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. – 2006. – №1. – С. 69–75.
7. Ибрагим, И.М. Принципы разработки специализированных объектно-ориентированных приложений // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 27, № 1.1. – С. 155–159.



Т.И. Михеева, В.А. Ключников, С.В. Михеев, О.К. Головин

ПРИНЦИПЫ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ФОРМАЛИЗМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

В связи с увеличением общего количества личного транспорта интенсивность транспортных потоков в мире растет, особенно в крупных городах. Появляются пробки, которые замедляют движение транспорта и увеличивают время передвижения. Поэтому возникает необходимость в моделировании и оптимизации алгоритмов управления движением.

Начиная с 1990-х годов в развитых странах (США, Западная Европа, Япония и др.) начали разрабатывать полностью автоматизированные системы дистанционного централизованного оперативного управления дорожным движением в режиме реального времени, получившие название интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

Интеллектуальные транспортные системы (англ. Intelligent Transport Systems) – это системная интеграция современных информационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, направленная на повышение эффективности управления дорожным движением и обеспечение безопасности и комфортности для участников. ИТС – один из наиболее перспективных способов решения проблем дорожного движения [1].

Для решения задачи управления транспортными потоками предлагается разработка сетевидного подхода к созданию программного комплекса, функционирующего как р2р сеть взаимодействующих интеллектуальных систем (система систем) для согласованного управления транспортными потоками.

Сетевидный подход позволяет создавать «системы систем» (или «сети сетей») позволяет преодолеть фундаментальную проблему сложности решаемой задачи, решить которую в рамках одной «монолитной», централизованной, последовательной системы не представляется возможным. Ключевым принципом сетевидных систем, функционирующих в отсутствие выделенного центра, является принятие решений по принципу «as local as possible and as global as required» (локально настолько, насколько позволяет ситуация и глобально настолько, насколько требует ситуация).

В рамках сетевидного подхода рассматриваемая система должна изначально строиться как распределенная, открытая для наращивания и состоящая из автономных, но согласованно и координировано действующих интеллектуальных систем отдельных транспортных районов, которые в случае



необходимости могли бы взаимодействовать, выявлять конфликты и находить приемлемые компромиссы [2].

Управление, основанное на сетцентрическом принципе, подразумевает построение зон управления, в которых происходит обмен информацией между управляющими центрами. Управляющие центры, расположенные в пределах зоны управления, могут получать данные о целях и действиях управляющих центров других зон, управлять транспортными потоками на перекрестках и перекрестках в пределах своей зоны управления (рисунок 1). Задача координированного управления – минимизация количества транспортных средств, вынужденных остановиться перед перекрестком.

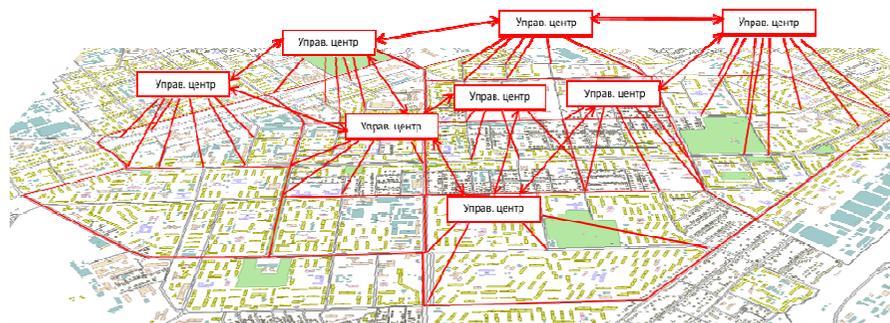


Рисунок 1 – Зоны управления транспортными потоками

Улично-дорожная сеть разделяется на кластеры узлов (перекрестков), которые становятся зонами управления для управляющих центров. Пусть $\{S_1, \dots, S_n\}$ – векторное представление кластеризуемых узлов. Поскольку число кластеров для задачи анализа узлов улично-дорожной сети заранее неизвестно, то для проведения кластерного анализа выбираем иерархический агломеративный метод Уорда. Одно из его достоинств состоит в том, что при использовании этого метода отсутствует необходимость задания числа кластеров перед началом кластеризации. Метод является наилучшим по результатам экспериментального сравнения на представительном наборе модельных задач и дает возможность получения кластеров с минимальной внутрикластерной вариацией [3].

Сначала каждый объект считается отдельным кластером. Для одноэлементных кластеров естественным образом определяется функция расстояния:

$$R(\{x\}, \{x'\}) = \rho(x, x').$$

Затем запускается процесс слияний. На каждой итерации вместо пары самых близких кластеров U и V образуется новый кластер $W = U \cup V$. Расстояние от нового кластера W до любого другого кластера S вычисляется по расстояниям $R(U, V)$, $R(U, S)$ и $R(V, S)$, которые к этому моменту уже должны быть известны:



$$R(U \cup V, S) = \alpha_U R(U, S) + \alpha_V R(V, S) + \beta R(U, V) + \gamma [R(U, S) - R(V, S)].$$

Алгоритм кластеризации на основе иерархического агломеративного метода Уорда состоит из следующих шагов [4]:

1) Создать первичный набор кластеров, каждый из которых содержит один элемент набора кластеризации $K_t = \{\{S_1\}, \dots, \{S_n\}\}$, $t=1$, где S_i – объект кластеризации, t – номер итерации.

2) Для всех $t=2, \dots, n$, где t – номер итерации:

3) найти в K_{t-1} два ближайших кластера U, V ($U, V := \arg \min_{U \neq V} R(U, V)$), $R_t = R(U, V)$, где $R(U, V)$ расстояние между кластерами U, V ;

4) изъять кластеры U и V ,

5) добавить слитый кластер $W = U \cup V$: $K_t = K_{t-1} \cup \{W\} \setminus \{U, V\}$;

6) Для всех $S_i \in K_t$ вычислить $R(W, S) = \frac{|S||W|}{|S| + |W|} \rho^2 \left(\sum_{w \in W} \frac{w}{|W|}, \sum_{s \in S} \frac{s}{|S|} \right)$.

В качестве функции расстояния для определения близости узлов графа улично-дорожной сети выбрана классическая евклидова метрика:

$$\rho(s, s') = \sqrt{\sum_{i=1}^n (s_i - s'_i)^2}.$$

Сетцентрическая модель управления позволяет решать задачи, не решаемые в классических иерархических системах, существенно сокращает время принятия управленческих решений и повышает качество управления. Разработанный подход обеспечит интеллектуализацию процессов принятия решений для решения сложных задач управления транспортными потоками, повышения эффективности использования улично-дорожной сети, обеспечения безопасности движения.

Литература

1. Паттерны проектирования сложноорганизованных систем / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин, О.Н. Сапрыкин – Самара: Интелтранс, 2015. – 216 с.
2. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / Т.И. Mikheeva, I.G. Bogdanova, A.A. Fedoseev, O.K. Golovnin, [et al]; under the editorship of T. Mikheeva. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 p.
3. Lam B. A new cluster validity index for data with merged clusters and different densities/ Lam B., Yan H. // Systems, Man and Cybernetics: IEEE International Conference. – 2005. – Vol. 1. – P. 798-803.
4. Михеева Т.И., Сапрыкина О.В. Кластеризация как инструмент анализа улично-дорожной сети мегаполиса // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. URL: www.science-education.ru/119-14940.



5. Михеева Т.И., Сапрыкин О.Н. Идентификация зависимостей и пространственно-распределенных данных с использованием нейросетевых технологий // Вестник СамГТУ. Сер.: Технические науки. – 2007. – № 1(19) – С. 40–47.

6. Аверкин А.Н., Костюченко О.В., Титова Н.В. Многокритериальный анализ нечетких объектов с кластеризацией экспертных оценок // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2007. – Т. 2; № 4. – С. 49-62.

7. Прозоров Д.Е., Романов С.В. Множественный доступ с псевдослучайным разделением времени в Manet-сетях с кластеризацией узлов // Телекоммуникации. – 2014. – № 3. – С. 14-17.

8. Иванов И.А. Генетический алгоритм для решения задачи совмещения маршрутов с предварительной кластеризацией точек отправления и назначения // Решетневские чтения. – 2013. – Т. 2; № 17. – С. 15-16.

Т.И. Михеева, А.А. Федосеев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КОНФИГУРАЦИИ ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

Модернизация транспортной инфраструктуры является неотъемлемой частью экономического развития современного государства. Рост числа и протяжённости автомобильных дорог относится к ряду приоритетных мероприятий по модернизации федеральных и региональных транспортных систем. При этом, становится актуальной задача оперативного выявления и учёта изменений объектов сети автомобильных дорог, а также определения характеристик и состояния объектов транспортной инфраструктуры. Значительная площадь территории и большое число субъектов Российской Федерации диктуют необходимость разработки и внедрения подходов к решению указанных задач на основе использования материалов аэрокосмической съёмки (рисунок 1).

Согласно представленной схеме предусмотрена двухуровневая поддержка управления состоянием объектов дорожно-транспортной инфраструктуры на основе информации дистанционного зондирования Земли. Для поиска изменений конфигурации дорожной сети, реализуемого на макроуровне, используются спектрозональные снимки высокого пространственного разрешения с космических аппаратов типа «Ресурс-П», охватывающие значительные по площади участки земной поверхности. На локально-детальном уровне производится определение характеристик и состояния объектов транспортной инфраструктуры с использованием материалов гиперспектральной съёмки высокого пространственного



разрешения, полученных при помощи беспилотных летательных аппаратов. Результаты интерпретации получаемой информации на каждом из двух уровней заносятся в базу данных. При наличии изменений конфигурации дорожной сети, зафиксированных в результате сопоставления обработанных данных космической съёмки с содержащейся в базе данных информацией, производится актуализация соответствующих данных.



Рисунок 1. Схема поддержки управления состоянием объектов транспортной инфраструктуры на основе информации дистанционного зондирования Земли

Рассмотрим задачу поиска изменений конфигурации дорожной сети, реализуемую на макроуровне. Основу данной задачи составляет подзадача автоматизации процесса экстрагирования элементов сети автомобильных дорог [2].

Пусть на мультиспектральном снимке представлено множество элементов сети автомобильных дорог: $\tilde{W}_n = \{\tilde{W}_{n1}, \dots, \tilde{W}_{nm}\}$, где m – число элементов сети автомобильных дорог.

Каждый из элементов $\tilde{W}_{ni} \in \tilde{W}_n$ может быть охарактеризован следующими признаками: $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}} = \{\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d\}$, где $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s$ – набор спектральных признаков элемента \tilde{W}_{ni} , $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g$ – набор геометрических признаков элемента \tilde{W}_{ni} , $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d$ – набор описательных признаков элемента \tilde{W}_{ni} .

В отличие от задачи определения характеристик объектов дорожно-транспортной инфраструктуры на основе применения гиперспектральных снимков, где достаточно иметь только набор признаков $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s$ для экстрагирования сети автомобильных дорог по космоснимкам высокого пространственного разрешения требуется анализ триады $\{\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d\}$. Это