



сти», «Туман», «Дорожные работы».

Пространственные характеристики инцидента хранятся с помощью зависимой сущности «Инцидент на карте», связанной с сущностями «Адрес» и «Геометрия». «id геометрии» - ссылка на сущность «Геометрия», определяющую физические границы инцидента. «id области влияния» - ссылка на сущность «Геометрия», определяющую область влияния инцидента.

Область влияния нештатного изменения – подграф улично-дорожной сети, непустое множество вершин и дуг, на которые оказывает влияние нештатная ситуация. Отображение области влияния в ER-модели в виде геометрии, а не набора вершин и дуг графа УДС обусловлено имеющейся структурой данных в системе «ITSGIS» и наличием функции получения подграфа УДС путём наложения геометрии на имеющийся граф УДС.

### Литература

1. Halpin T., Morgan T. Information modeling and relational databases. Morgan Kaufman, 2008. 943 p.
2. Михеева, Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем / Т.И. Михеева – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
3. Михеев С.В., Сидоров А.В., Головнин О.К., Михайлов Д.А. Архитектура геоинформационной справочной системы объектов городской инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: [www.science-education.ru/109-9608](http://www.science-education.ru/109-9608)
4. Осьмушин А.А., Богданова И.Г., Сидоров А.В. Моделирование нештатных ситуаций на улично-дорожной сети // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: [www.science-education.ru/113-11766](http://www.science-education.ru/113-11766).

О.Н. Сапрыкин, О.В. Сапрыкина, А.В. Сидоров

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА МНОГОВАРИАНТНОЙ ПЕРСИСТЕНТНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) получили большое распространение в последнее время. Под данным термином понимается широкий спектр аппаратно-программных средств, позволяющих собирать информацию с объектов транспортной инфраструктуры, проводить анализ и принимать решения (оперативные или стратегические). В разных реализациях ИТС используются различные функциональные подмножества. Однако большинство разработчиков ИТС сталкивается с необходимостью обработки больших массивов разнотипных неструктурированных данных. В статье рассмотрен подход, поз-



воляющий с единых архитектурных позиций рассматривать разнотипные данные в интеллектуальной системе поиска оптимальной структуры улично-дорожной сети (УДС).

Составляющие интеллектуальную систему модули обладают разными требованиями к хранению данных, поэтому многие из них имеют собственный слой доступа к данным. В интеллектуальной системе использованы следующие технологии хранения данных:

- файловые хранилища;
- реляционные СУБД;
- документальные СУБД.

Данный подход носит название многовариантной персистентности [1] и позволяет хранить данные в форме близкой той, что используется в программном коде. Это исключает объектно-реляционное отображение [2] в звеньях системы, где производительность является критическим фактором. Подход, основанный на многовариантной персистентности использовался на всех этапах проектирования базы данных: концептуальном, логическом и физическом. На рисунке 1 изображена структура взаимодействия модулей данных.

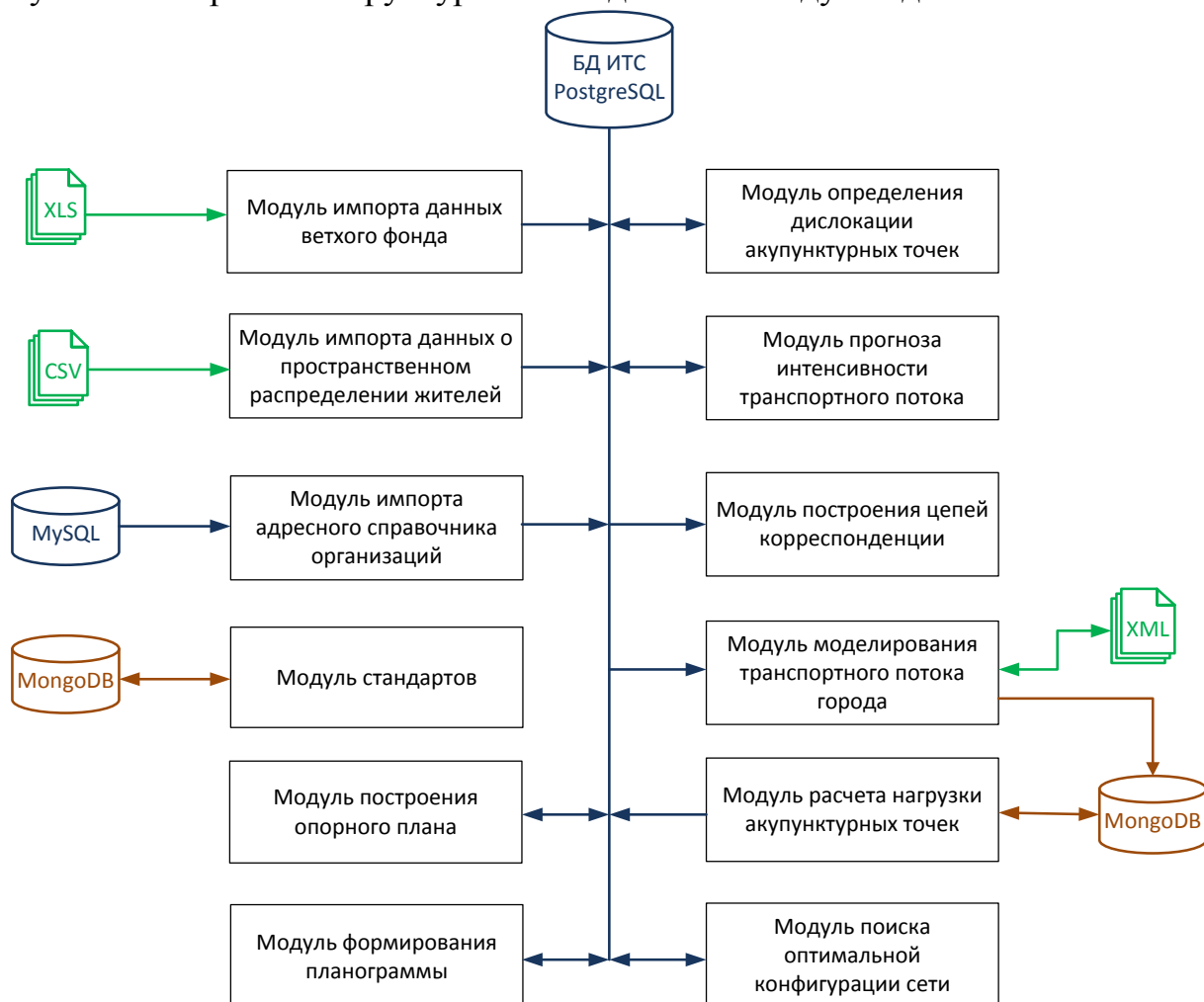


Рис. 1. Структура взаимодействия модулей данных



Модули импорта данных имеют возможность читать данные из внешних источников, для каждого из них разработан специальный компонент, способный разобрать информацию в предоставленном формате.

В частности, разработаны следующие компоненты:

- провайдер *Excel*-файлов, хранящий данные ветхого жилищного фонда;
- провайдер *Csv*-файлов неперсонализированной информации о пространственном распределении жителей города;
- провайдер к базе данных *MySQL* с адресным справочником организаций и предприятий города.

Каждый модуль импорта записывает преобразованную информацию в основную базу ИТС посредством провайдера, предоставленного ядром ИТС [3].

Модуль ведения стандартов в электронном виде хранит информацию в стандартизованном виде, и в то же время, имеет возможность гибко изменять структуру хранения. Данными возможностями обладает документальная СУБД *MongoDB*.

Модуль моделирования транспортного потока основан на библиотеке компонентов многоагентного моделирования транспорта *MATSim*. Библиотека имеет собственный формат хранения транспортной сети и агентов, который основан на формате *XML*. Перед запуском моделирования производится экспорт электронной карты, стандартов, интенсивности транспортного потока, информации о плотности населения и адресного справочника организаций в *XML*-формат *MATSim*. Результатом работы системы моделирования являются *XML*-файлы, содержащие пути и время перемещения агентов. Данные файлы импортируются в систему, после чего информация, хранящаяся в них, используется для визуализации и анализа.

В модуле моделирования транспортного потока каждый объект, перемещаясь по сети, формирует новые знания в виде информации о напряженности и окружающей инфраструктуре. Данные знания имеют сложную структуру, и в то же время, они должны быстро сохраняться в базе данных. Этого нельзя достичь при помощи отображения в реляционную базу данных. Поэтому в данном случае используется СУБД документального типа *MongoDB*. Это позволяет моментально сохранять снимок текущего состояния интеллектуального объекта в любой момент времени, не отвлекая его от основных обязанностей. Скорость достигается за счет быстрого отображения агрегатов и возможности широкого использования кластеров.

Для консолидации знаний всех объектов используется процедура, основанная на паттерне «Отображение-свертка» (*Map-reduce*) [1]. Данная процедура позволяет структурировать полученную от объектов информацию и записать ее в реляционную базу данных. Реляционное представление данных позволяет использовать алгоритмы интеллектуального анализа для их обработки.

Результатом работы модуля оптимизации конфигурации УДС является оптимальная конфигурация транспортной сети урбанизированной территории. В рамках программного комплекса предусмотрено параллельное хранение не-



скольких версий конфигураций улично-дорожной сети для последующего их сравнения.

Разработанная архитектура хранения данных интеллектуальной транспортной системы дает возможность унифицированного доступа к разнотипной информации. Данный подход формирует единую информационную платформу, на которой создается расширяемая система, способная решать аналитические задачи исследования транспортной инфраструктуры.

### Литература

1. Фаулер, М. NoSQL. Новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, П. Дж. Садаладж. – М. : Вильямс, 2013. – 192 с.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / Пер. с англ. – М. : Вильямс, 2006. – 544 с.
3. Сапрыкина, О.В. Построение архитектуры аналитического инструментария интеллектуальной транспортной системы на основе паттернов проектирования [Текст] / О. В. Сапрыкина, Т. И. Михеева, О.Н. Сапрыкин // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки». – 2010. – №4 (27). – С. 27-35.

О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, А.А. Осьмушин

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЦЕПЕЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Численность населения современных крупных городов постоянно увеличивается, что ставит перед руководством задачу реконструкции инфраструктуры для возможности комфортного проживания большего количества людей. Особенно остро стоит задача модификации транспортной инфраструктуры, поскольку на нее ложится дополнительная нагрузка, связанная с глобальным ростом автомобилизации. Корректно выбрать проектное решение, способное избавить город от пробок, возможно посредством проведения имитационного моделирования. Адекватное моделирование транспортных потоков в городе требует корректного построения цепей корреспонденций, представляющих собой маршруты перемещения агентов в динамической модели.

Моделирование движения транспортных потоков требует получения информации о подвижности населения, представленной в виде интегральной матрицы корреспонденций  $M(t)$ . Интегральная матрица  $M(t)$  суточных межрайонных корреспонденции для периода времени  $t$  является результатом интеграции матриц корреспонденций  $\{M^1(t), \dots, M^N(t)\}$ , которые различаются по грузоподъемности (малой  $S$ , средней  $M$ , большой  $G$ ), интервалу времени (час пик