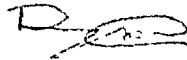


На правах рукописи

Духин Степан Владимирович



**РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОЙ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ НА ОСНОВЕ  
МНОЖЕСТВЕННО-РЕЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

Специальность 25 00 35 «Геоинформатика»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Москва – 2007

Работа выполнена на кафедре «Геодезия и геоинформатика» в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» (МИИТ)

Научный руководитель	- доктор технических наук, профессор Матвеев Станислав Ильич
Официальные оппоненты	- доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор Цветков Виктор Яковлевич - кандидат технических наук Терляков Олег Александрович
Ведущее предприятие	- Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

Защита состоится 20 декабря 2007 г в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д218 005 11 при Московском государственном университете путей сообщения по адресу 127994, Москва, ул Образцова, д. 9, МИИТ, ауд 1235

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан « 16 » ноября 2007 г

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью Вашего учреждения, просим направлять по адресу диссертационного совета на имя ученого секретаря совета

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук,  
профессор



Ю А Быков

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность** темы исследования. Эффективность функционирования современных транспортных предприятий целиком зависит от степени развития их информационных инфраструктур. Практически все данные о деятельности такого предприятия соотносятся с информацией о реальном местоположении тех или иных объектов или клиентов на земной поверхности, картами и схемами. Обеспечить тесную интеграцию с подобными видами информации, а также их совместную обработку и анализ призваны географические информационные системы (ГИС).

Сочетание цифровых карт и реляционных баз данных называют геореляционной структурой. Построение геореляционных структур является на сегодняшний день наиболее часто встречающейся формой организации базы геоданных (БГД). Основной проблемой такой организации является согласованное отображение топологической информации внутри структуры базы геоданных, для чего необходим специальный набор инструментов создания и поддержки топологии. Возможность эксперта вносить корректировки как в атрибутивную, так и в метрическую составляющую означает, что в основу БГД должна быть положена специальная модель поддержки согласованных значений метрической и атрибутивной информации. Отсутствие указанной модели геоданных является сегодня сдерживающим фактором в организации систем принятия решений на основе ГИС, и создание такой модели, сочетающей в себе достоинства реляционного подхода и наглядность графического отображения, представляется очень актуальным.

**Цель работы** состоит в создании и исследовании специальной множественно-реляционной модели геоданных, обеспечивающий динамическое формирование согласованной БГД на основе информации, получаемой из различных источников хранения и переработки геоданных ГИС. Создание такой модели предполагает формулирование и обоснование

механизма согласованности множества взаимосвязанных значений метрических и атрибутивных геоданных и разработку способов контроля и оценки получаемых топологий на базе разработанных алгоритмов проблемно-ориентированной классификации

**Объектом исследования** являются архитектура и функциональное наполнение БГД

**Методы исследования.** Методологической основой и общетеоретической базой исследования являются принципы системного анализа и проектирования БГД, методы представления знаний, алгебра логики, теория множеств, теория графов, геоинформационные технологии

**Научная новизна полученных результатов.**

Выполненная диссертационная работа является одной из первых попыток создания комбинированной модели геоданных для ГИС на основе управления согласованностью значений разнородных компонентов. При ее реализации автором достигнуты новые результаты, основные из которых заключаются в следующем

Исследована проблема согласованного использования структурированных и неструктурированных геоданных с целью выбора и обоснования комплексного подхода к созданию модифицированной реляционной модели

Проведен анализ подходов к отображению семантики, заложенной в пространственные онтологии, в географические концептуальные схемы, представляющие информацию, хранимую в БГД

Впервые предложена и обоснована множественно-реляционная модель на основе анализа взаимосвязанных значений интерфейса нижнего уровня, на базе которой разработан оригинальный подход к проектированию БГД

Проведены теоретические исследования свойств, ограничений и возможных операций на множественно-реляционной модели, результаты которых позволили разработать эффективные алгоритмы верификации коррективов метрической и атрибутивной информации

Разработана оригинальная методика согласованной структуризации БГД в среде взаимосвязанных данных

Предложен новый комбинированный метод построения согласованных тем и покрытий на основе программных средств ГИС ObjectLand  
Разработанный в ходе выполнения данной работы программный модуль согласованных корректировок, является уникальным как по самой разработке, так и по своему назначению

Исследованы перспективные возможности функционирования ГИС железнодорожного транспорта на базе разрабатываемых программно-технических средств

Предложена методология параметрического контроля подготавливаемых к утверждению технико-распорядительных актов железнодорожной сети

**Практическая ценность работы.** Значительная часть результатов, полученных в ходе выполнения данной работы, вошла в проект Российского фонда фундаментальных исследований «Разработка теории, алгоритмов и программ решения многокритериальных оптимизационных задач на ГИС» № 03-07-90202 Реализующие метод программные средства включены в состав систем ГИС ОАО «Российские железные дороги» Эти программные средства использовались при создании системы мониторинга геоинформационного портала ОАО «РЖД»

Разработанные методы и алгоритмы использованы при создании программного комплекса ведения технико-распорядительных актов станций (АС ТРА) Данный программный комплекс был внедрен на сети железных дорог ОАО "РЖД" АС ТРА является составной частью Комплексной системы обеспечения безопасности в хозяйстве перевозок

#### **На защиту выносятся:**

1 Подход к проектированию БГД сложной структуры на основе информационной среды с неоднородными информационными ресурсами как основного метода формирования ГИС

2 Формулирование требований к модели геоданных на основе

сравнительного анализа существующих метасхем БГД с учетом семантики, заложенной в пространственные онтологии

3 Множественно-реляционная модель (МР-модель) представления информационной среды ГИС

4 Методика согласования БГД в среде взаимосвязанных данных на базе поликонсонансной структуры, обеспечивающая интерактивное контролируемое уменьшение структурной рассогласованности множества

5 Расширения существующих представлений моделей баз данных с целью приведения их к возможности отображения геоданных

6 Метод реструктуризации геоданных для анализа структуры разноформатных документов (метрической и атрибутивной информации) и формирования семантически полной модели данных. Обоснование подхода, основанного на использовании проблемно-ориентированной классификации слабоструктурированных документов для создания геоинформационного портала

7 Комбинированный метод построения согласованных тем и покрытий на основе программных средств ГИС ObjectLand на базе программного модуля согласованных корректировок, позволяющий реализовать организацию согласованной БГД в рамках системы интеллектуального корпоративного капитала железнодорожной отрасли

8 Архитектура программного комплекса согласованного сопровождения БГД и ведения каталога геоинформационных ресурсов на основе ГИС ObjectLand

9 Результаты вычислительных экспериментов по ведению БГД, проведенные с помощью созданного программного модуля

10 Методология параметрического контроля подготавливаемых к утверждению технико-распорядительных актов железнодорожной сети на основе процедур автоматизации корректного заполнения и редактирования атрибутов нормативной базы данных

**Апробация результатов работы.** Содержание диссертации было доложено на 31-й Всеполюской конференции по прикладной математике

(Варшава, 2002), Девятой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» - «ИНФОТРАНС-2004» (Санкт-Петербург, 2004), 2-й межведомственной научно-практической конференция «ТелеКомТранс - 2004» (Сочи, 2004), Девятой Всероссийской конференции «Проблемы ввода и обновления пространственных данных» (Москва, 2005), Десятой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» - «ИНФОТРАНС-2005» (Санкт-Петербург, 2005), 3-й международной научно-практической конференции «ТелеКомТранс - 2005» (Сочи, 2005), III-м Международном научно-практическом семинаре «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2005), 2-й Международной научно-практической конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения» (Москва, 2006), 6-й Международной конференции Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций, CASC'2006 (Москва, 2006), Научной сессии МИФИ-2006 (Москва, 2006), 4-й международной научно-практической конференции «ТелеКомТранс - 2006» (Москва, 2006), Одиннадцатой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» - «ИНФОТРАНС-2006» (Санкт-Петербург, 2006), Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ВНИИАС «Современные тенденции развития средств управления на железнодорожном транспорте» (Звенигород, 2006), 3-й Международной конференции «Геопространственные технологии и сферы их применения» (Москва, 2007)

**Публикации.** Результаты работы опубликованы в 23 публикациях в открытой печати, из них 5 работ в изданиях из перечня журналов ВАК РФ

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Содержание работы изложено на 152 страницах, включая 58 рисунков. Список литературы содержит 143 наименования

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы и основных вопросов исследования, охарактеризованы полученные результаты

В первой главе определена географическая информационная система (ГИС), как программно-технологическое средство накопления территориально-координированных (координатно-привязанных) данных, их системного анализа, интерпретации в виде картографических изображений на средствах машинной графики и реализации информационных запросов пользователя посредством обращений к «электронным картам» заданной территории ГИС предоставляет возможность анализировать, прогнозировать явления и события окружающего мира, выделять их главные факторы, характеристики, причины и возможные последствия

Рассмотрены основные компоненты ГИС и произведены классификации по совокупности возможностей рассматриваемых программных средств и по основным поддерживаемым моделям пространственных данных

Во второй главе исследованы теоретические предпосылки и основания для разработки МР-модели

Рассмотрена процедура структуризации для образования категорий и наборов геоданных с учетом ограничений целостности, существенных для моделирования геоданных при выполнении основных операций в терминах селекции и действия

Проведен ретроспективный анализ известных моделей представления данных с целью возможности установления соотношения между этими моделями данных и представлением геоданных с помощью МР-модели. Подробно описаны характеристики этих моделей по следующим параметрам: целостность данных, языковые особенности, достоинства модели, недостатки модели

Пусть  $A^M = \{A_1^M, A_2^M, \dots, A_l^M, \dots\}$  представляет собой множество всех потенциально существующих прикладных моделей, использующих модель

геоданных  $M$ . Тогда модели геоданных  $M$  и  $N$  называются изоморфно эквивалентными (эквивалентными по композиции операций, эквивалентными в зависимости от состояния), если между  $A^M$  и  $A^N$  существует такое сюръективное отображение  $f$ , что прикладные модели  $A_i^M$  и  $A_j^N = f(A_i^M)$  являются изоморфно эквивалентными (эквивалентными по композиции операций, эквивалентными в зависимости от состояния). Очевидно, что из изоморфной эквивалентности моделей геоданных следует их эквивалентность по композиции операций, а из последней следует эквивалентность в зависимости от состояния. Обратные утверждения не верны.

Наборы связанных классов объектов, имеющих одинаковую пространственную привязку, могут быть организованы в более крупную структуру, называемую набором классов объектов. Каждый пространственный объект в БГД содержит форму (геометрию) и может участвовать в топологических отношениях. Способность хранения геометрии объекта является одним из обязательных условий существования БГД, поскольку каждый пространственный объект всегда должен быть доступен для отображения и анализа.

В рамках проблемы согласованности разнородных геоданных по значениям хранимых значений признаков изучена возможность реализации с помощью МР-модели автоматической адаптации к изменению параметров взаимодействия пользователя с предметной областью на основе инструмента поддержки согласованности структуры топологических отношений и группировки в динамическом режиме. Для обеспечения целостности МР-модели в работе использован механизм поддержания структурной согласованности, позволяющий вместо линейной ссылочной целостности плоских отношений поддерживать триангулярную целостность пространственных атрибутов.

### Третья глава посвящена описанию разработанной МР-модели

Обобщенную структуру МР-модели легко представить в виде таблицы с переменным количеством столбцов 2-х типов элементы данных и связи (рис 2) В множество столбцов «элементы данных» входят столбцы, состоящие из атрибутов, входящих в отношение  $R_k$  Различные отношения могут иметь разное количество атрибутов, поэтому строки таблицы, соответствующие различным отношениям имеют разное количество столбцов Множество атрибутов «связи» содержит столбцы связи с другими типами атрибутов Связи в МР-модели устанавливаются между значениями атрибутов, поэтому интенсионал таблицы в части «связи» содержит количество столбцов, равное количеству типов атрибутов, с которыми связан данный тип, а расширение таблицы для каждого столбца «связи» интенсионала содержит множество столбцов, определяющих связи конкретного значения атрибута данного типа со значениями атрибута другого типа

Количество строк в таблице расширения структуры для каждого типа атрибута равно числу значений атрибута данного типа Основным преимуществом такого представления структуры описываемой модели является структурная однородность представления атрибутов и связей, заключающаяся в представлении связей в виде таблиц и кортежей

		Элементы данных (ЭД)			Связи		
		ЭД 1		ЭД $N_1$	С типом 2		С типом $m$
Типы данных	Тип 1	ЭД 1		ЭД $N_1$	С типом 2		С типом $m$
	Тип 2	ЭД 1		ЭД $N_2$	С типом 1		С типом $m$
	Тип $m$	ЭД 1		ЭД $N_m$	С типом 1		С типом $m - 1$

Рис 2 Табличное представление структуры МР-модели

Связи между значениями атрибутов представлены в виде матрицы семантической смежности  $C = [c_{ij}]$ , где  $c_{ij} = 1$ , если существует связь между значениями атрибутов  $a_i$  и  $a_j$ , и  $c_{ij} = 0$  в противном случае (рис 3) Наличие между значениями атрибутов  $a_i$  и  $a_j$  связи  $c_{ij}$  в МР-модели обуславливает и наличие связи между атрибутами  $a_j$  и  $a_i$ . Связь  $c_{ij}^* = \langle a_i, a_j \rangle$  названы жесткой связью, а значения атрибутов  $a_i$  и  $a_j$  — жестко связанными

		$A^1$				$A^2$			$A^n$		
		$a^1$	$a^2$	$a^i$	$a^{i+1}$	$a^j$	$a^k$	$a^n$			
$A_1$	$a_1$	$c_1^1$	$c_1^2$	$c_1^i$	$c_1^{i+1}$	$c_1^j$	$c_1^k$	$c_1^n$			
	$a_2$	$c_2^1$	$c_2^2$	$c_2^i$	$c_2^{i+1}$	$c_2^j$	$c_2^k$	$c_2^n$			
	$a_i$	$c_i^1$	$c_i^2$	$c_i^i$	$c_i^{i+1}$	$c_i^j$	$c_i^k$	$c_i^n$			
$A_2$	$a_{i+1}$	$c_{i+1}^1$	$c_{i+1}^2$	$c_{i+1}^i$	$c_{i+1}^{i+1}$	$c_{i+1}^j$	$c_{i+1}^k$	$c_{i+1}^n$			
	$a_j$	$c_j^1$	$c_j^2$	$c_j^i$	$c_j^{i+1}$	$c_j^j$	$c_j^k$	$c_j^n$			
$A_n$	$a_k$	$c_k^1$	$c_k^2$	$c_k^i$	$c_k^{i+1}$	$c_k^j$	$c_k^k$	$c_k^n$			
	$a_n$	$c_n^1$	$c_n^2$	$c_n^i$	$c_n^{i+1}$	$c_n^j$	$c_n^k$	$c_n^n$			

Рис 3 Матрица семантической смежности атрибутов

Рассмотрен пример представления информационно-логической модели (ИЛМ), состоящей из пяти типов атрибутов  $\{A, B, C, D, E\}$ , средствами МР-модели В виде ненормализованного отношения  $R_1 = (A, B, C, D, E)$  структура выглядит, как показано на рис 4

Структура ИЛМ, представленная в виде структуры МР-модели выглядит следующим образом (рис 5)

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$	$e_1$
$a_1$	$b_1$	$c_2$	$d_1$	$e_2$
$a_1$	$b_1$	$c_2$	$d_2$	$e_3$
$a_1$	$b_1$	$c_3$	$d_3$	$e_3$
$a_2$	$b_2$	$c_4$	$d_4$	$e_4$
$a_3$	$b_3$	$c_5$	$d_5$	$e_2$
$a_3$	$b_3$	$c_3$	$d_4$	$e_4$

Рис 4 Табличное представление структуры ИЛМ

<i>A</i>	$a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_1$	$\downarrow c_2$	$\downarrow c_3$	$\downarrow d_1$	$\downarrow d_2$	$\downarrow d_3$	$\downarrow e_1$	$\downarrow e_2$	$\downarrow e_3$
	$a_2$	$\downarrow b_2$	$\downarrow c_4$	$\downarrow d_4$	$\downarrow e_4$						
	$a_3$	$\downarrow b_3$	$\downarrow c_3$	$\downarrow c_5$	$\downarrow d_4$	$\downarrow d_5$	$\downarrow e_2$	$\downarrow e_4$			
<i>B</i>	$b_1$	$\downarrow a_1$	$\downarrow c_1$	$\downarrow c_2$	$\downarrow c_3$	$\downarrow d_1$	$\downarrow d_2$	$\downarrow d_3$	$\downarrow e_1$	$\downarrow e_2$	$\downarrow e_3$
	$b_2$	$\downarrow a_2$	$\downarrow c_4$	$\downarrow d_4$	$\downarrow e_4$						
	$b_3$	$\downarrow a_3$	$\downarrow c_3$	$\downarrow c_5$	$\downarrow d_4$	$\downarrow d_5$	$\downarrow e_2$	$\downarrow e_4$			
<i>C</i>	$c_1$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow d_1$	$\downarrow e_1$						
	$c_2$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow d_1$	$\downarrow d_2$	$\downarrow e_2$	$\downarrow e_3$				
	$c_3$	$\downarrow a_1$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_3$	$\downarrow d_3$	$\downarrow d_4$	$\downarrow e_3$	$\downarrow e_4$			
	$c_4$	$\downarrow a_2$	$\downarrow b_2$	$\downarrow d_4$	$\downarrow e_4$						
	$c_5$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_3$	$\downarrow d_5$	$\downarrow e_2$						
<i>D</i>	$d_1$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_1$	$\downarrow c_2$	$\downarrow e_1$	$\downarrow e_2$				
	$d_2$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_2$	$\downarrow e_3$						
	$d_3$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_3$	$\downarrow e_3$						
	$d_4$	$\downarrow a_2$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_2$	$\downarrow b_3$	$\downarrow c_3$	$\downarrow c_4$	$\downarrow e_4$			
	$d_5$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_3$	$\downarrow c_5$	$\downarrow e_2$						
<i>E</i>	$e_1$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_1$	$\downarrow d_1$						
	$e_2$	$\downarrow a_1$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_1$	$\downarrow b_3$	$\downarrow c_2$	$\downarrow c_5$	$\downarrow d_1$	$\downarrow d_5$		
	$e_3$	$\downarrow a_1$	$\downarrow b_1$	$\downarrow c_2$	$\downarrow c_3$	$\downarrow d_2$	$\downarrow d_3$				
	$e_4$	$\downarrow a_2$	$\downarrow a_3$	$\downarrow b_2$	$\downarrow b_3$	$\downarrow c_3$	$\downarrow c_4$	$\downarrow d_4$			

Рис 5 Табличное множественно-реляционное представление структуры ИЛМ

Итак, структура МР-модели задается в виде отношения  $S = (A_0, A')$ ,

где  $A^0 = \cup A_i^0$  — объединение множеств атрибутов  $A_i$ ,

$A^0 = \{A_1^0, A_2^0, \dots, A_i^0, \dots\}$  — множество ссылок на атрибуты

$A'_1, A'_2, \dots, A'_i, \dots$ , а ссылка на атрибут  $A_i^0 = \{a_{i,k}, k = |A_i|\}$

Определены следующие понятия МР-модели структура, подструктура, пустая структура, описаны их свойства. Определены условия связи атрибутов и значений атрибутов.

Структура МР-модели имеет одно явное ограничение целостности, заключающееся в необходимости выполнения для каждой связи условия жесткости для любых двух атрибутов  $A_i$  и  $A_k$  схемы  $S_i$  БД<sub>i</sub>, находящейся в целостном состоянии, либо существует жесткая связь между ними, либо нет связи, то есть

$$\forall A_i, A_k \in S_i : \exists C_{i,k} = \langle A_i, A_k \rangle \Rightarrow \exists C_{k,l} = \langle A_k, A_l \rangle \cup C_{k,l} = \emptyset$$

К спецификационным операциям МР-модели относятся операции выделения подструктуры из структуры и выделения цепочки из структуры.

Навигационные операции обеспечивают переход по ссылке и переход по списку.

В четвертой главе излагаются результаты практической реализации выдвинутых положений и соответствующих им разработок.

Рассмотрена программная реализация алгоритмов в среде ГИС ObjectLand, являющейся универсальным программным продуктом, работающим под управлением операционных систем семейства Windows и предназначенным для использования в областях, связанных с совместной обработкой пространственной и табличной информации. ГИС ObjectLand обеспечивает создание смешанных векторно-растровых карт с присоединенными к объектам карты записями из пользовательских баз данных.

Пространственная информация в ГИС организована в виде структурных компонент — карт БГД может содержать произвольное количество карт. Поддерживается трехуровневая структура карт. Верхним уровнем структуризации карты является слой. Карта может состоять из произвольного количества слоев. В свою очередь, каждый слой содержит определенный набор типов объектов. Тип объектов характеризуется именем, геометрической характеристикой (точечный, линейный, площадной, текст, растр), стилями отображения (заливка, штриховка, стиль линии, условное обозначение, шрифт и т.п.), а также набором реляционных таблиц, содержащих атрибутивную информацию, связываемую с объектами данного типа. И, наконец, нижний уровень структуризации — непосредственно пространственные объекты карты. Пользователю предоставляется возможность проектирования произвольной структуры карт (рис. 8).

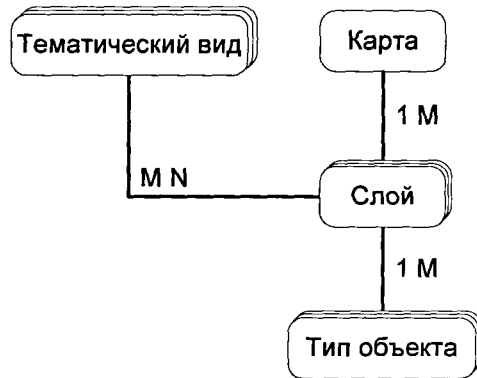


Рис. 8 Часть структуры базы геоданных ГИС ObjectLand

Данное представление информации отличается простотой и удобством в использовании, однако имеет ряд существенных недостатков.

1 Не сохраняются онтологические связи между объектами. При редактировании карт и работе с объектами это приводит к нарушению логической целостности данных. Например, при удалении объекта типа «Слой» сложно проследить, в какие темы входит этот объект и какие типы объектов из удаляемого слоя необходимо оставить для сохранения.

корректности критериев фильтра Другими словами, как в любой иерархической структуре, не формализованы связи между несмежными объектами «Карта» — «Тип объекта» и «Тема» — «Тип объекта»

2 Отсутствует возможность использования одного и того же типа объекта в разных слоях При необходимости идентичные типы объектов создаются в разных слоях, однако в этом случае имеет место дублирование информации, что в процессе эксплуатации приводит к возникновению неоднозначности и противоречивости

3 Отсутствует возможность явного задания взаимосвязей между объектами и ограничений целостности данных Например, взаимосвязь типов объектов «участок», «перегон», «станция» и «километр» интуитивно подразумевается, но нигде не описывается формально, так как модель данных не позволяет это сделать для графической части ГИС

Перечисленные недостатки являются характерными не только для ГИС ObjectLand, но и для многих других, а описанный в п 3 присущ всем ГИС без исключения

Для решения проблем, описанных в п 1 и 2, при создании прикладных подсистем на базе ГИС ObjectLand, использовалась организация данных с помощью МР-модели

Приведение исходной модели данных к целевой МР-модели заключается в восстановлении онтологических связей между элементами модели, утраченных в процессе концептуального проектирования и существующих неявно в ограничениях целостности

В МР-модели приведенная выше структура данных будет выглядеть следующим образом (рис 9)

При таком подходе, программа автоматически отслеживает связи редактируемого объекта, и разрыв или изменение этих связей не нарушает логику и целостность БГД, что позволяет существенно снизить трудозатраты пользователя

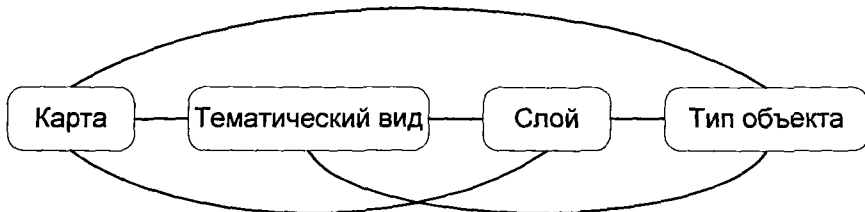


Рис 9 Множественно-реляционное представление

Модель позволяет установить дополнительную взаимосвязь типов объектов, позволяющую корректно работать со связанными графическими объектами. Например, задание отношения объектов «участок», «перегон», «станция» и «километр» в схеме сети железных дорог при автоматизированной обработке позволяет, например, корректно удалить станцию, либо определить участок или перегон по заданному километру.

Еще одну реализацию МР-модели удалось осуществить в рамках автоматизированной системы ведения базы данных технико-распорядительных актов (АС ТРА). АС ТРА станций предназначена для автоматизации работы руководителей и инженеров станций, отделов и служб перевозок по созданию и обновлению ТРА станций в единой централизованной базе данных, а также для информационного обеспечения руководящего состава дорожного и сетевого уровней управления на основе автоматизированной информационной среды, предоставляющей необходимую нормативно-справочную информацию.

Для автоматизации процесса редактирования и снижения трудозатрат в редакторе для хранения данных используется МР-модель, которая, в силу принципов, положенных в ее основу, сохраняет связи между объектами, обеспечивая тем самым автоматическую поддержку их целостности, а при заданных логических связях между объектами позволяет отслеживать сохранение этих связей.

Для демонстрации преимуществ использования МР-модели для хранения геоданных в редакторе рассмотрим схему ЖД станции (рис 10).

Кроме атрибутивной и графической информации характеризующей каждый из объектов схемы, необходимо поддерживать следующие

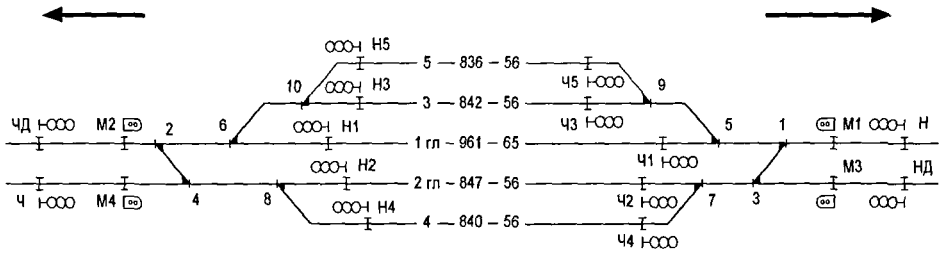


Рис 10 Схема ЖД станции

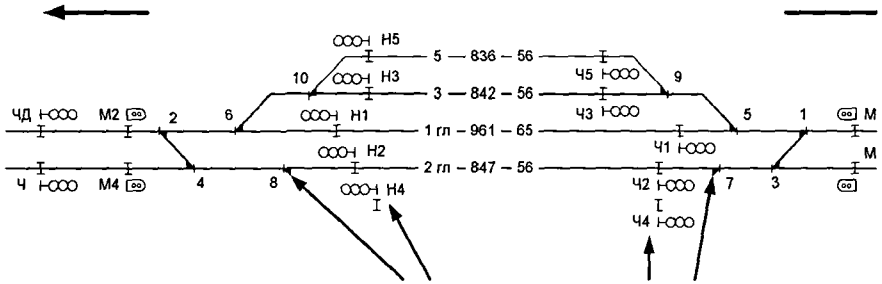
логические связи между объектами

- 1 На объекте «Путь», обязан быть объект «Подпись пути»
- 2 Объект «Тупик с упором» должен быть связан с объектом «Путь»
- 3 Объект «Стрелка», должен быть связан с двумя объектами «Путь»
- 4 Рядом с объектом «Стрелка» должны стоять объекты «Светофор» и «Номер стрелки»
- 5 Объект «Светофор» должен лежать на объекте «Путь»
- 6 Рядом с объектом «Светофор» должны быть объекты «Номер светофора» и «Изолирующий стык»

После построения таблицы МР-модели мы можем редактировать схему станции, не заботясь о семантической целостности данных

Для примера, удалим путь 4 со схемы станции (рис 11) При удалении пути некоторые объекты схемы станут не нужны, более того они нарушат логику схемы Это семантически связанные с путем 4 объекты стрелки №7 и 8, светофоры Н4 и Ч4 и изолирующие стыки

В силу того, что мы используем МР-модель для хранения геоданных, операция удаления пути будет эквивалентна операции удаления сущности из таблицы МР-модели станции, вследствие чего будет удален кортеж из раздела «Элементы данных» и ссылки на этот объект из раздела «Связи» После чего редактор проанализирует полученную таблицу МР-модели, обнаружит нарушение логических связей и удалит ненужные объекты из схемы и из таблицы МР-модели (рис 12)



Объекты нарушающие логику схемы после удаления пути 4

Рис 11 Удаление пути 4

Таким образом, после удаления объекта, логические связи объектов схемы не будут нарушены, данные в БГД АС ТРА сохранят целостность

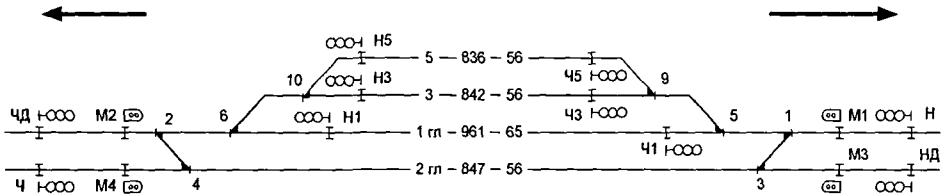


Рис 12 Схема ЖД станции после удаления пути 4

Тем самым наглядно показана эффективность использования МР-модели для построения согласованных БГД, позволяющих поддерживать семантическую целостность БГД при проектировании БГД и автоматизированной обработке графических данных ГИС

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных исследований были получены следующие основные результаты

1 Предложен подход к проектированию БГД сложной структуры на основе информационной среды с неоднородными информационными ресурсами как основного метода формирования ГИС

2 Сформулированы требования к модели геоданных на основе сравнительного анализа существующих метасхем БГД с учетом семантики, заложенной в пространственные онтологии

3 Разработана множественно-реляционная модель представления информационной среды ГИС

4 Предложена методика согласовывания БГД в среде взаимосвязанных данных на базе поликонсонансной структуры, обеспечивающая интерактивное контролируемое уменьшение структурной рассогласованности множества

5 Проведено расширение существующих представлений моделей баз данных с целью приведения их к возможности отображения геоданных

6 Представлен метод реструктуризации геоданных для анализа структуры разноформатных документов (метрической и атрибутивной информации) и формирования семантически полной модели данных. Обоснован подход, основанный на использовании проблемно-ориентированной классификации слабоструктурированных документов для создания геоинформационного портала отрасли

7 Разработан комбинированный метод построения согласованных тем и покрытий на основе программных средств ГИС ObjectLand на базе программного модуля согласованных корректировок, позволяющий реализовать организацию согласованной БГД в рамках системы интеллектуального корпоративного капитала железнодорожной отрасли

8 Описана архитектура программного комплекса согласованного сопровождения БГД и ведения каталога геоинформационных ресурсов на основе ГИС ObjectLand

9 Представлены результаты вычислительных экспериментов по ведению БГД, проведенные с помощью созданного программного модуля

10 Предложен параметрический контроль подготавливаемых к утверждению технически-распорядительных актов железнодорожной сети на основе процедур автоматизации корректного заполнения и редактирования атрибутов нормативной базы данных

**Перечень основных опубликованных работ по теме диссертации.**

- 1 Розенберг И Н, Духин С В Геоинформационные технологии – важная составляющая современных информационных систем // **Автоматика, связь, информатика**, № 7, 2005, с 8-12
- 2 Розенберг И Н, Шенфельд К П, Духин С В, Замышляев А М Новая технология ведения техническо – распорядительных актов станций// **Железнодорожный транспорт**, вып 8, 2003, с 39-44
- 3 Розенберг И Н, Духин С В, Уманский В И, Замышляев А М, Шаповал А В Автоматизированная система ведения баз данных техническо-распорядительных актов железнодорожных станций // **Транспорт: наука, техника, управление**, 2003, вып 5, с 26-34
- 4 Розенберг И Н, Духин С В Геоинформационные технологии // **Железнодорожный транспорт**, вып 3, 2006, с 59-63
- 5 Духин С В Проектирование геоинформационного портала отрасли с использованием онтологий геоданных // **Управление большими системами** - М ИПУ РАН, Выпуск 16, 2007, с 81-90
- 6 Дулин С К, Духин С В, Поповидченко В Г О многоуровневой онтологии геоданных // **Системы и средства информатики** Вып 17 – М Наука, 2007, с 339-356
- 7 Дулин С К, Духин С В Множественно-реляционная модель данных геоинформационной системы // **Сб научных трудов III-го Международного научно-практического семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте»** – М Физматлит, 2005, с 342-350
- 8 Духин С В Формализация геоданных на основе множественно-реляционной модели // **Системы и средства информатики** Специальный выпуск «Математические модели и методы информатики, стохастические технологии и системы» – М ИПИ РАН, 2005, с 253-269
- 9 Дулин С К, Духин С В Интеллектуальный модуль согласованности ресурсов геоинформационной системы // **Сб научных трудов «Научная сессия МИФИ-2006»** – М МИФИ, 2006, том 3, с 37-38

10 Дулин С К , Духин С В Множественно-реляционная модель как средство обеспечения гомоморфизма геоинформационной системы – М ВЦ РАН, 2006, 30 с

11. Духин С В , Розенберг И Н Управление геоинформационными ресурсами с помощью ГИС «ObjectLand» // Труды 6-й Международной конференции Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций, CASC'2006 - М ИПУ РАН, 2006, с 366-373

12 Розенберг И Н , Духин С В , Горелик А Л Развитие автоматизированных систем управления инфраструктурой на основе использования новых информационных технологий // Сборник докладов 2-й межведомственной научно-практической конференция «ТелеКомТранс - 2004», 22-24 апреля, - Сочи, с 27-33

13 Розенберг И Н , Духин С В Автоматизированная система ведения геоинформационной базы данных, увязанная с параметрами работы и развития ОАО «РЖД» // Труды девятой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» - «ИНФОТРАНС-2004», 6-9 октября, Санкт-Петербург, 2004, с 95-98

14 Розенберг И Н , Духин С В , Харин О В , Ильин А В Использование отраслевых геоинформационных ресурсов для решения задач управления перевозками и инфраструктурой на железнодорожном транспорте // Девятая Всероссийская конференция «Проблемы ввода и обновления пространственных данных» – 15-17 марта, Москва, 2005

15 Розенберг И Н , Духин С В , Замышляев А М , Цуцков Д В Новая технология ведения технико-распорядительных актов станций // Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта Москва Маршрут, 2005, 304 с

16 Розенберг И Н , Духин С В Основные особенности формирования единой геоинформационной базы данных отрасли // Десятая научно-практическая конференция «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» «ИНФОТРАНС-2005», 5-10 октября, Санкт-Петербург Изд-во Политехнического Университета, 2005, с 53-54

17 Розенберг И Н , Духин С В Принципы построения единой геоинформационной базы данных, увязанной с параметрами работы и развития железнодорожной отрасли // 3-я международная научно-практическая конференция «ТелеКомТранс - 2005», 26-29 апреля, - Сочи ООО «Диапазон», Ростов н/Д, с 43-47

18 Розенберг И Н , Духин С В О задачах геоинформатики в железнодорожной отрасли // 2-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва Информационное агентство «ГРОМ», 2006, с 22-23

19 Розенберг И Н , Духин С В , Ильин А В О вопросах развития геоинформационных систем и технологий ОАО «РЖД» // 4-я международная научно-практическая конференция «ТелеКомТранс - 2006», 2006, с 240-242

20. Розенберг И Н , Духин С В Направление развития и использование геоинформатики в системах информатизации ОАО «РЖД» // Сборник докладов одиннадцатой научно-практической конференции «Информационные технологии в железнодорожном транспорте» «ИНФОТРАНС-2006» , 4-7 октября, Санкт-Петербург, 2006, с 186

21 Розенберг И Н , Духин С В О задачах геоинформатики в железнодорожной отрасли // Сб докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ВНИИАС «Современные тенденции развития средств управления на железнодорожном транспорте» - М ВНИИАС, 2006, с 97-100

22 Духин С В , Ильин А В , Бондарец В А Единая геоинформационная система инфраструктуры ОАО «РЖД» // 3-я международная конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва, 14-15 марта 2007 года – М Информационное агентство «ГРОМ», 2007, с 74-75

23 I N Rozenberg, S V Dukhin, Sergey Ya. Shorgin, Technology and experience of usage of Geographical Information System "ObjectLand" in tasks of transportations control of and property registration for railways of Russian Federation В сб "31 Ogolnopska konferencja zastosowan matematyki (Zakopane-Koscielisko, 2002)" Warszawa IM PAN, 2002, pp 73-74

Духин Степан Владимирович

**РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОЙ БАЗЫ ГЕОДАНЫХ НА ОСНОВЕ  
МНОЖЕСТВЕННО-РЕЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ.**

Специальность 25 00 35 «Геоинформатика»

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

---

Подписано в печать \_15\_\_11\_2007г    Заказ – А257    Тираж 100 экз.  
Формат бумаги 60x84 1/16    Объем \_1,0\_ усл печ л

---

Типография ООО «Документ Сервис ФСД»