

УДК 004.652.6

Р. Н. БАХТИЗИН, С. В. ПАВЛОВ, С. В. ПЛЕХАНОВ

## ИНТЕГРАЦИЯ ГИС С ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ ТРУБОПРОВОДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ДАННЫХ

Рассматривается подход к интеграции геоинформационных систем с существующими информационными системами предприятия основанный на совместном описании баз данных этих систем при помощи многомерных информационных объектов. *Геоинформационная система; база геоданных; база данных; интеграция; многомерная модель данных; многомерный информационный объект*

### ВВЕДЕНИЕ

Безопасность и эффективность эксплуатации трубопроводов может быть обеспечена, в том числе, за счет информационного обеспечения, позволяющего контролировать текущее состояние объектов магистральных трубопроводов с целью своевременного обнаружения и ликвидации потенциально опасных дефектов [1]. Особенностью предприятий и объектов трубопроводного транспорта (линейная часть трубопроводов, перекачивающие станции, эксплуатационные подразделения и др.) является их существенная протяженность и распределенность на достаточно большой территории (нескольких субъектов Российской Федерации и даже сопредельных государств). Причем наличие информации о точном местонахождении объектов, их взаимном расположении, а также некоторых важных характеристиках (например, дефектов трубы) существенно влияет на безопасность и эффективность их эксплуатации. Поэтому при создании современного информационного обеспечения предприятий трубопроводного транспорта все более широкое применение находят геоинформационные системы (ГИС), специально предназначенные для обработки пространственных данных [2].

Учитывая тот факт, что в ГИС обрабатывается как картографическая (координатная), так и атрибутивная (алфавитно-цифровая) информация, а также то, что на предприятиях трубопроводного транспорта уже функционируют, как правило, традиционные (алфавитно-цифровые) информационные системы (ИС), для исключения дублирования и противоречивости алфавитно-цифровой информации при разработке ГИС предприятия необходима ее интеграция с традиционными ИС. При этом под интеграцией понимается такая разработка ГИС, при которой все необходимые для ГИС атрибутивные данные, имеющиеся в ИС предприятия, не входят в собственную базу данных ГИС, а извлекаются, при необходимости, программным обеспечением ГИС из уже действующих ИС предприятия. Очевидно, что ключевой проблемой при таком подходе к проектированию и созданию ГИС является совместное описание всей пространственной и атрибутивной информации предприятия.

### 1. МНОГОМЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГЕОДАНЫХ

Характерной особенностью географических данных, используемых в ГИС, является их высокая структурированность. В отличие от обычной реляционной БД, не накладывающей никаких ограничений на структуру хранимых в ней отношений, все пространственные объекты (слои), хранящиеся в базе географических данных (БГД), имеют минимальный общий набор атрибутов, характеризующий их положение в пространстве, и другие геометрические характеристики (например, длину, или площадь). Слои БГД подразделяются по степени детализации их геометрических характеристик, определяемой масштабом соответствующей карты. При этом одни и те же географические объекты могут быть представлены слоями разных типов (точечными, линейными и полигональными), в зависимости от степени детализации пространственных данных. Кроме того, географические объекты могут объединяться в тематические группы по признаку наличия между ними особых пространственных (топологии), или логических отношений.

Вышеприведенные особенности пространственных данных делают целесообразным использование концепции многомерных информационных объектов [3] для описания структуры их хранения в БГД. Многомерный информационный объект (МИО) обозначается как

$$T_i^n, \quad (1)$$

где  $T$  – имя МИО;

$n$  – размерность МИО;

$i$  – индекс (номер) МИО при рассмотрении совокупности МИО.

МИО размерности  $n$  как единица хранения данных определяется рекурсивно через МИО меньшей размерности:

–  $T^0$  – множество, состоящее из одного элемента-константы;

–  $T^1 = \{T_i^0\}$  – множество МИО размерности  $n$  (запись, вектор, домен, кортеж);

–  $T^2 = \{T_i^1\}$  – множество МИО размерности один ( $T^1$ ) и т. д.

В общем случае,

$$T^n = \{T_i^{n-1} \mid i = \overline{1, k}\}, \quad (2)$$

представляет собой множество МИО размерности ( $n-1$ ).

Применительно к ГИС МИО различных размерностей могут соответствовать:

$T^0$  – элементарной характеристике одного географического объекта (например, одной характеристике задвижки);

$T^1$  – полному описанию одного географического объекта (например – задвижки трубопровода);

$T^2$  – описанию группы однотипных географических объектов, представляющих собой один слой цифровой карты (например – множество всех задвижек на трубопроводах данного предприятия);

$T^3$  – описанию всех рассматриваемых географических объектов с некоторой степенью детализации, представляющих собой совокупность всех слоев одной цифровой карты;

$T^4$  – описанию всей БГД как совокупности всех имеющихся цифровых карт.

Для описания внутренней структуры МИО используется понятие схемы МИО, которая обозначается  $S(T^n) = S^n$ , представляющей собой множество, значения которого задают порядок вхождения МИО размерности  $n-1$  (с учетом порядка вхождения в них МИО меньших размерностей) в МИО размерности  $n$ . В общем случае схема МИО размерности  $n$  будет определяться соотношением

$$S^n = S(T^n) = \{S(T^{n-1}), S_n\} = \{S^{n-1}, S_n\} = \dots = \{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}, S_n\}, \quad (3)$$

где  $S^{n-1} = \{S_1, S_2, \dots, S_{n-1}\}$ ,

$$S^{n-2} = \{S_1, S_2, \dots, S_{n-2}\},$$

.....

$$S^2 = \{S_1, S_2\}$$

являются схемами МИО размерности ( $n-1$ ), ( $n-2$ ), ..., ..., 2, входящих в  $T^n$ , а  $S_1, S_2, \dots, S_{n-1}, S_n$  – элементами схемы МИО размерности  $n$ .

Если выполняется равенство

$$S(T_i^n) = S(T_j^n), \quad (4)$$

то объекты  $T_i^n, T_j^n$  являются однотипными. В противном случае они являются разнотипными.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЩЕСТВУЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Для хранения данных в существующих информационных системах предприятия, как правило, используются серверные реляционные СУБД с поддержкой SQL, например Oracle, или MS SQL Server. Это делает возможным подключение ГИС к существующим ИС как на уровне клиентского приложения, так и на уровне серверных компонентов, обеспечивающих централизованное хранение географических данных. Программное обеспечение (ПО) информационных систем предприятия, как правило, имеет закрытую архитектуру, то есть не имеет официально

объявленных точек входа для обращения других приложений к его функциям. В связи с этим интеграция ПО ГИС и ПО других ИС предприятия на системном уровне без непосредственного участия разработчиков этих систем весьма затруднительна.

Необходимо отметить, что ГИС и традиционные ИС предприятия содержат информацию с различной степенью пространственной привязки. Например, сведения об отдельных объектах трубопроводов, имеющих определенные географические координаты, и сведения о трубопроводе в целом, как правило, не имеют четко определенных пространственных границ, существенно отличающихся от всех других трубопроводов; о марках стали, используемых в конструкции трубопровода и не имеющих пространственной привязки. Таким образом, наряду с необходимостью использования ГИС для представления части данных из существующих информационных систем предприятия, существует необходимость сохранения данных систем для обработки данных со слабой пространственной привязкой.

## 3. МНОГОМЕРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АТТРИБУТИВНЫХ ДАННЫХ

Атрибутивные данные в существующих информационных системах предприятия представлены чаще всего в виде множества таблиц в нескольких реляционных БД (РБД), связанных с географическими объектами и между собой. Для объединения в единую многомерную модель данных ГИС и ИС предприятия можно воспользоваться операциями объединения разнотипных МИО различных размерностей, описанными в [3]. При этом отношения РБД предприятия необходимо представить как двумерные МИО. Результат объединения будет представлять собой верный МИО (ВМИО). Упрощенное изображение этого ВМИО представлено на рис. 1. Такое представление позволяет описать все рассматриваемые данные в рамках единой многомерной модели, однако имеет ряд ограничений по допустимым операциям. Кроме того, вследствие сложной структуры получившегося ВМИО теряется одно из достоинств МИО – простота и наглядность описания данных.

Для устранения данных недостатков предлагается представлять отношения РБД в виде расширенных многомерных информационных объектов (РМИО) размерности 3 – такой же, как и МИО, описывающие соответствующие объекты в БГД с учетом различных уровней детализации (масштабов). При этом информационное наполнение таких объектов соответствует двумерным МИО, а согласование размерностей достигается за счет введения фиктивной размерности, соответствующей размерности степени детализации (масштаба). Проекция РМИО по любому элементу фиктивной размерности дает двумерный МИО, соответствующий исходному отношению в РБД.

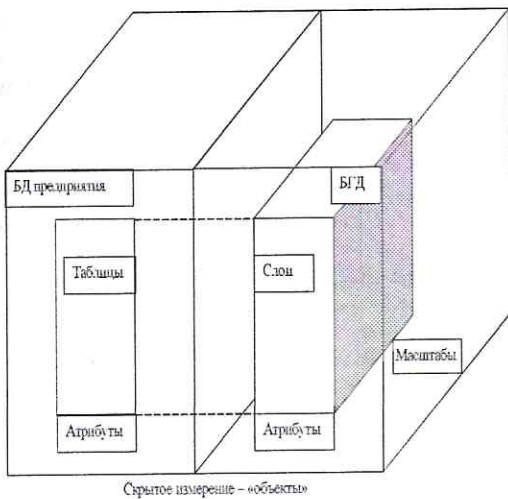


Рис.1. Создание всеерного МИО на основе табличного представления атрибутивных данных

Обозначим РМИО как:

$$T^{a,b} \quad (5)$$

где  $a$  – количество реальных размерностей,  
 $b$  – количество фиктивных размерностей,  
 $T^{a,0} = T^a$ .

Для получения РМИО из МИО меньшей размерности введем операцию расширения:

$$T^{n,1} = I(T^n, Y) = \{T^n\} \times Y, \quad (6)$$

где множество  $Y$  задает количество элементов в фиктивной размерности и соответствует схеме той же размерности в МИО, с которым предполагается объединять РМИО.

Последовательное применение нескольких операций расширения позволяет получить РМИО любой размерности, больше размерности исходного МИО, что может быть обозначено как

$$T^{n,m} = I(T^n, \{Y_i\}) = T^n \times \{Y_i\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где множество  $Y_i$  задает порядок вхождения  $T^{n,i-1}$  в  $T^{n,i}$ .

Схема такого многомерного информационного объекта будет иметь вид:

$$S^{n,m} = S(T^{n,m}) = \{S^n, D_1, \dots, D_m\}, \quad (8)$$

где  $S^n$  – реальные размерности,  
 $D_1, \dots, D_m$  – фиктивные размерности.

Используя введенное понятие, можно представить многомерную модель существующей базы данных предприятия в виде РМИО  $T^{3,1}$  со следующей схемой  $S^{3,1}$ :

- $S_1 = \{\text{Идентификаторы атрибутов}\} = \{\text{id, name, owner, ...}\};$
- $S_2 = \{\text{Идентификаторы объектов}\} = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots\};$
- $S_3 = \{\text{Типы объектов}\} = \{\text{реки, дороги, трубопроводы, ...}\};$
- $D_1 = \{\text{Уровни детализации (масштабы)}\} = \{1:5000, 1:25000, 1:200000, \dots\}.$

Так как схема РМИО атрибутивной БД  $T^{3,1}$  отличается от схемы МИО географической БД  $T^4$  лишь на один элемент ( $S_1$ ), они могут быть объединены в единый МИО (рис.4)  $T^{4u}$

$$T^{4u} = T^4 \cup T^{3,1} \quad (9)$$

со схемой  $S^{4u}$

$$S^{4u} = \{S_{1r} \cup S_{1a}, S_2, S_3, S_4\}. \quad (10)$$

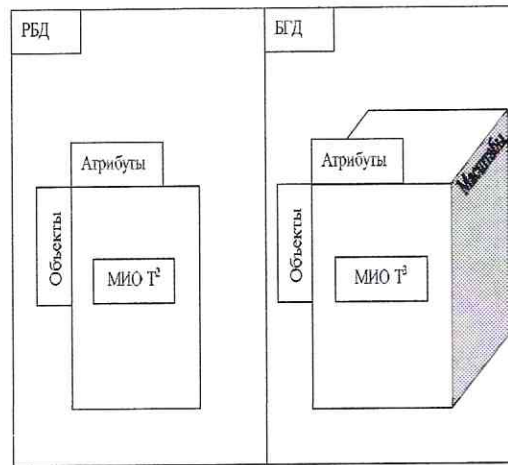


Рис.2. Многомерное представление атрибутивных и географических данных о классе объектов предметной области

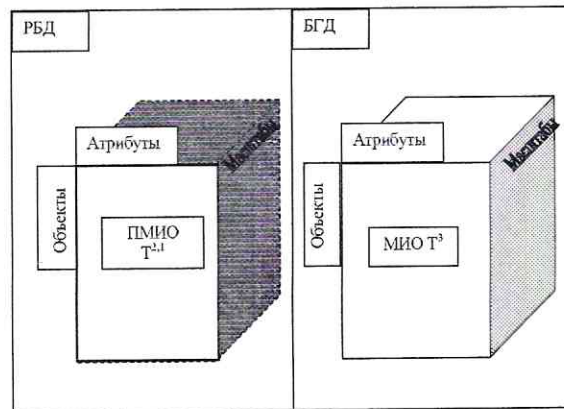


Рис.3. Расширенное многомерное представление атрибутивных и географических данных о классе объектов предметной области

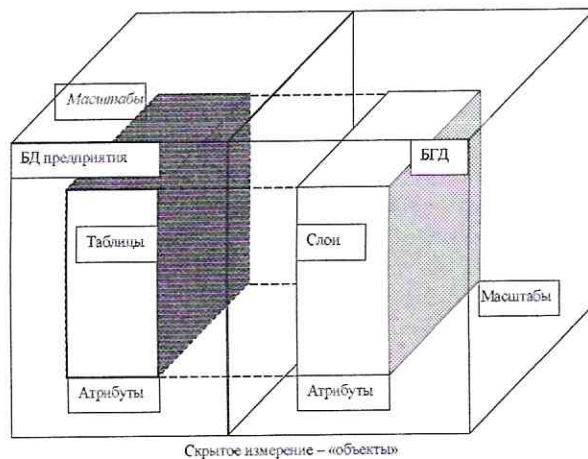


Рис.4. Создание МИО на основе расширенного многомерного представления атрибутивных данных.

Данный подход использовался на этапе логического проектирования БД при создании ГИС ОАО «Уралсибнефтепровод» для обеспечения использования в ГИС данных из других ИС предприятия [4].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, введено понятие расширенного многомерного информационного объекта и метод представления реляционных объектов (отношений) в виде расширенных многомерных информационных объектов. Применение данного метода дает возможность компактного и наглядного описания данных ГИС и данных других информационных систем предприятия в виде единого многомерного информационного объекта, что позволяет при разработке ГИС предприятия упростить процесс ее интеграции с существующими информационными системами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вайншток, С. М.** Трубопроводный транспорт нефти / С. М. Вайншток, В. В. Новоселов, А. Д. Прохоров, А. М. Шаммазов. М. : НЕДРА, 2004.
2. **Бахтизин, Р. Н.** Автоматизированная информационная система объектов магистральных нефтепроводов ОАО «Уралсибнефтепровод им. Д.А. Черняева» / Р. Н. Бахтизин, Р. Р. Набиев, С. В. Павлов // Трубопроводный транспорт нефти, 1997. №12. С. 26–30.
3. **Гвоздев, В. Е.** Информационное обеспечение контроля и управления состоянием природно-технических систем : учеб. пособие / В.Е. Гвоздев, С. В. Павлов и И. У. Ямалов. Уфа : УГАТУ, 2002. 138 с.
4. **Arnautov, G. S.** Integration of the Geoinformation System into Informational Infrastructure of the Public Company «Uralsibnefteprovod» / G. S. Arnautov, S. V. Pavlov, S. V. Plekhanov, O. S. Saubanov // Proc. of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2005) Ufa. September 18–21. 2005. Vol. 3.