

А.В. Бармак, М.Л. Яновский

Подход для моделирования структуры предметной области в виде n -мерного куба

Предложен подход, объединяющий в одной структуре данные как для использования их в *OLTP*-системах, так и *OLAP*-системах. При такой структуре транзакции сохраняют основные свойства для *OLTP*-систем. В то же время предложенная структура ориентирована на предметную область, что облегчает понимание информации конечными пользователями и создает дополнительные возможности построения аналитических запросов.

An approach that unifies in a single structure the data for using in *OLTP*- as well as in *OLAP*-systems is suggested. This structure allows to keep primary properties of transactions for the *OLTP*-systems. At the same time the suggested structure is oriented to the subject domain, that is a benefit for understanding the information for the end users. It also supports the construction of analytic queries.

Запропоновано підхід, що об'єднує в одній структурі дані як для використання їх в *OLTP*-системах, так і *OLAP*-системах. При такій структурі транзакції зберігають основні властивості для *OLTP*-систем. В той же час запропонована структура орієнтована на предметну область, що полегшує розуміння інформації кінцевими користувачами та створює додаткові можливості побудови аналітичних запитів.

Введение. Рост производительности компьютеров, объемов их оперативной и внешней памяти, пропускной способности внешних устройств и каналов связи качественно изменил ситуацию в вычислительной технике и сферах ее применения. Можно говорить об эпохе массовой компьютеризации. Основным предметом труда этой эпохи становится информация, а новым орудием труда – компьютеры. Наблюдается значительный разрыв между возможностями аппаратных средств компьютеров и применяемыми методами решения прикладных задач. Наиболее освоенные на сегодня методы основаны на хорошо формализованных алгоритмах, полученных в результате построения математических моделей предметных областей. Чаще всего это трудоемкие расчеты по известным формулам либо простые последовательности действий, приводящие после многократного применения к желаемому результату. Однако в практической деятельности многие актуальные задачи относятся к плохо формализованным, для которых неизвестны аналитические зависимости или цепочки действий, приводящее к результату без интеллектуального вмешательства человека. Ранее для решения таких задач просто не хватало ресурсов компьютера, поэтому не имело смысла ставить саму проблему решения плохо формализованных задач.

Как правило, в плохо формализованных задачах имеется некоторый набор параметров, описывающий объекты предметной области. Вся информация о предметной области, которая может быть использована для решения такой задачи, представлена некоторой совокупностью векторов этих параметров, представляющих подвергшиеся измерению объекты – т.е. можно говорить об n -мерных векторных пространствах. Хотя о наборе параметров нельзя определенно сказать, что он полон, адекватен, и сами используемые значения параметров в совокупности неполны, противоречивы и искажены.

Методы решения плохо формализованных задач связаны с обработкой данных. Поэтому одним из вопросов является рассмотрение способов организации хранения и выборки данных о предметных областях в базах данных в зависимости от решаемой задачи. Любая информационная система оперирует той или иной частью реального мира – предметной областью. Последняя рассматривается как некоторая совокупность реальных объектов (сущностей) и связей между ними. Каждый объект обладает определенным набором свойств (атрибутов). База данных – это отражение предметной области, т.е. «материализация» в форме хранимой в памяти компьютера структурированной совокупности данных, характери-

рующих состав объектов предметной области, их свойства и взаимосвязи.

Известно, что в зависимости от характера информационных ресурсов (информация фактического типа – характеристики объектов и связи, документальная информация – текстовая) различаются два класса систем хранения данных – документальные и фактографические. Далее рассматриваются фактографические системы. Они оперируют фактическими сведениями, представленными в виде специальным образом организованных совокупностей формализованных записей данных.

Среди фактографических систем важное место занимают два класса: системы операционной обработки данных и системы, ориентированные на анализ данных и поддержку принятия решений. Для обозначения систем операционной обработки используют термин *OLTP* (*On-Line Transaction Processing* – оперативная обработка транзакций, или выполнение транзакций в реальном времени). Другой класс систем – системы поддержки принятия решений – аналитические системы – их обозначают *OLAP* (*On-Line Analysis Processing* – система оперативной аналитической обработки). Оба класса систем основаны на системах управления базами данных (СУБД), но типы выполняемых ими запросов сильно различаются. Принципиально отличаются и структуры баз данных.

Способ отображения сущностей, атрибутов и связей на структуры данных определяется моделью данных. Сегодня, де факто, для *OLTP*-систем самая распространенная модель данных – реляционная. Соответствующая ей СУБД называется реляционной. В реляционных базах данных вся информация представляется в виде прямоугольных таблиц. Для манипулирования отношениями используют операции реляционной алгебры. При проектировании базы данных стараются сделать так, чтобы отображение объектов предметной области в структуры модели данных не противоречило семантике предметной области. Оно должно быть эффективным, т.е. – обеспечивать минимальное дублирование данных. Оптимальная структура базы данных получается методом нормализации

отношений, т.е. пошаговым процессом разложения (декомпозиции) исходных отношений на более простые. Для получения информации из базы данных направляются запросы к СУБД, которые формулируются на специальном «языке запросов». Фактический стандарт такого языка для современных реляционных СУБД – *SQL* (*Structured Query Language* – структурный язык запросов).

Задачи, решаемые *OLTP*- и *OLAP*-системами, существенно различаются, поэтому и их базы данных тоже построены на разных принципах. Критерием эффективности для систем операционной обработки служит число транзакций, которые они способны выполнить за единицу времени [1]. Для аналитических систем более значительна скорость выполнения сложных запросов и прозрачность структуры хранения информации для пользователей [2].

В начале 90-х годов прошлого века Билом Инмоном (США) была предложена концепция хранилищ данных – концепция подготовки данных для последующего анализа. Одним из существенных положений этой концепции было разделение наборов данных, используемых системами выполнения транзакций и аналитическими системами. В работе «Создание хранилища данных» («*Building the Data Warehouse*») Бил Инмон определил хранилище данных, как «предметно-ориентированный, интегрированный, неизменяемый и поддерживающий хронологию набор данных, предназначенный для обеспечения принятия управленческих решений». Рассмотрим подробнее свойство «ориентация на предметную область»:

- хранилище должно разрабатываться с учетом предметной области, а не приложений, оперирующих данными;
- структура хранилища должна отражать представления аналитика об информации, с которой ему приходится работать.

Постановка задачи

Основываясь на изложенном, предложим следующую постановку задачи. Рассмотреть единую оптимальную с учетом систем операционной обработки и аналитических систем структуру хранения и выборки данных для плохо фор-

мализуемых задач. Структура хранения должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- оптимальность как с точки зрения обеспечения приемлемого времени отклика на аналитические запросы, так и приемлемого времени отклика на массовую обработку транзакций;
- обеспечение защиты от несанкционированного доступа, от нарушения целостности, от аппаратных и программных сбоев;
- первоначальное заполнение и последующее пополнение данных;
- обеспечение удобства доступа пользователей к данным.

Описание подхода

Существует два подхода к построению хранилищ данных: *первый*, основанный на использовании многомерной модели базы данных (*Multidimensional OLAP – MOLAP*), и *второй*, использующий реляционную модель базы данных (*Relational OLAP – ROLAP*).

Информацию можно представлять в виде *n*-мерного гиперкуба. Представление данных в виде гиперкуба более наглядно, чем совокупность нормализованных таблиц, понятно не только администратору базы данных, но и пользователям. В гиперкубе каждое значение находится в строго определенной ячейке. На рис. 1. каждое значение связано с точкой в трехмерном пространстве (N, S, T) с измерениями: N – название параметра; S – субъект; T – момент времени. Число возможных параметров конечно, поэтому все возможные значения можно представить в виде гиперкуба.

Основные понятия многомерной модели – *измерение* и *значение* (ячейка). Измерение – это множество, образующее одну из граней гиперкуба (аналог домена в реляционной модели). Измерения выполняют роль индексов, используемых для идентификации конкретных значений в ячейках гиперкуба. Значения – это подвергаемые анализу количественные или качественные данные, находящиеся в ячейках гиперкуба.

У многомерных СУБД имеются существенные недостатки, сдерживающие их применение. Многомерные СУБД неэффективны, в сравне-

нии с реляционными, используют память. В многомерной СУБД заранее резервируется место для всех значений, даже если часть из них заведомо будет отсутствовать. Другой недостаток состоит в том, что выбор высокого уровня детализации при реализации гиперкуба может очень ощутимо увеличить размер многомерной СУБД.

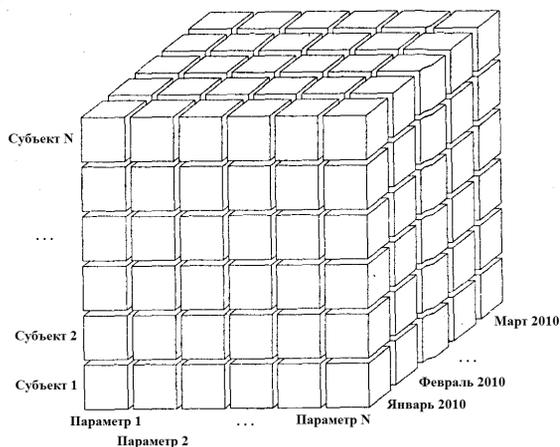


Рис. 1. Представление данных в виде гиперкуба

Основой при построении хранилища данных может служить и традиционная реляционная модель данных. В этом случае гиперкуб эмулируется СУБД на логическом уровне. В отличие от многомерных реляционных СУБД способны хранить огромные объемы данных, однако, в некоторых случаях они проигрывают по скорости выполнения аналитических запросов.

При использовании реляционных СУБД для организации хранилища данные располагаются определенным образом. Чаще всего это так называемая радиальная схема («звезда» – *star*), в которой существует два типа таблиц: таблица фактов (фактологическая) и несколько справочных (таблицы измерений).

В таблице фактов обычно содержатся данные, наиболее интенсивно используемые для анализа. Запись в фактологической таблице соответствует ячейке гиперкуба. В справочной таблице перечислены возможные значения одного из измерений гиперкуба. Каждое измерение описывается собственной справочной таблицей. Фактологическая таблица индексируется по сложному ключу, скомпонованному из индивидуальных ключей справочных таблиц.

На рис. 2 приведена упрощенная схема для примера из рис. 1.



Рис. 2. Пример базы данных с радиально связанными таблицами

В реальных системах количество строк в фактологической таблице может составлять десятки и сотни миллионов. Число справочных таблиц обычно не превышает двух десятков.

Если база данных состоит из большого количества измерений, можно воспользоваться схемой «снежинка» (*snowflake*). В этой схеме атрибуты справочных таблиц могут быть детализированы в дополнительных справочных таблицах (рис. 3).



Рис. 3. Пример базы данных со схемой «снежинка»

Проведенный анализ показывает, что можно оперировать информационным пространством как n -мерным векторным пространством. Авторами сделана попытка объединить в одной структуре как *OLTP*-, так и *OLAP*-подход.

Предлагается представлять информацию как многомерную структуру.

Компоненты информационного пространства разлагаются по оси X (рис. 4). По оси Y на нулевом уровне будет исходный массив информации. Рассмотрим его как одномерный, укладываемый в одну линию на ось X . Далее, по оси Y , над массивом первичной информации, идут пользователи. На рис. 4 видно, что пользователь № 1 сформировал свою индивидуальную информационную среду из элементов исходного массива под номером 3. Поль-

зователь № 2 использует элементы 3 и 5, пользователь № 3 – только элемент 1 (точка с координатами (1, 3)).

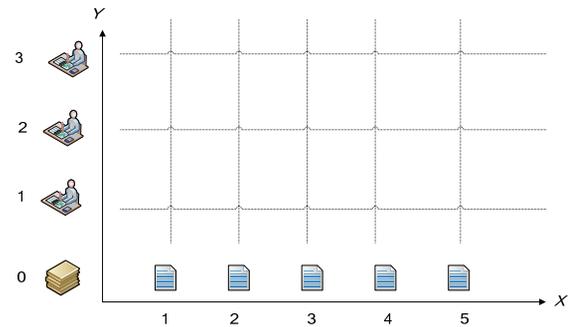


Рис. 4. Разложение компонентов информационного пространства по оси X

Пусть, на оси X расположены учебные предметы в целом, без рассмотрения глав, страниц, иллюстраций и прочих составляющих. Тогда в базе данных это будет представлено простой таблицей (рис. 5).

X	Учебный предмет
1	Физика
2	Математика
3	История
4	Рисование
5	Танцы

Рис. 5. Таблица $[X]$ – расшифровка значений по оси X

Расшифровка по оси Y , без акцентирования внимания на том, кто такой Петров, где он учится и сколько ему лет представлена в другой простой таблице (рис. 6). Для создания классической структуры реляционной базы данных понадобилось бы добавить таблицу $[YX]$, связывающую учебные предметы с учениками. И тогда структура базы данных содержала бы три таблицы (рис. 7). Но для создания модели многомерного информационного пространства результатом объединения $[X]$ и $[Y]$ будет не три таблицы, а одна, которую назовем условно $[Matrix]$ (рис. 8).

Y	Наименование
0	Учебный материал
1	Иванов
2	Петров
3	Сидоров

Рис. 6. Таблица $[Y]$ – расшифровка значений по оси Y

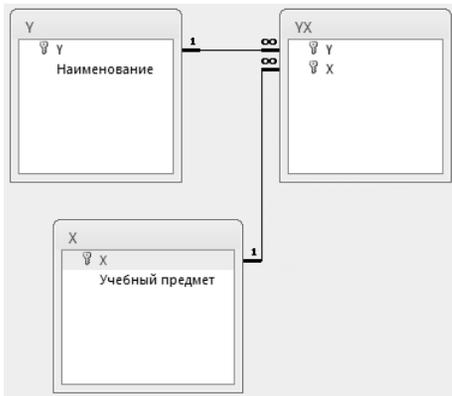


Рис. 7. Классическая реляционная структура для связывания двух таблиц

Y	X	Информация
0	1	Физика
0	2	Математика
0	3	История
0	4	Рисование
0	5	Танцы
1	0	Иванов
2	0	Петров
3	0	Сидоров
1	3	Иванов изучает Историю
2	3	Петров изучает Историю
2	5	Петров изучает Танцы
3	1	Сидоров изучает Физику

Рис. 8. Таблица [Matrix]

Первые пять строк в таблице [Matrix] – это измерение информации об учебных предметах. В следующих трех строках приведены фамилии учащихся. Последние четыре строки – измерение информации об индивидуальных учебных планах – кто что изучает. В одном массиве представлена вся необходимая на данный момент информация, каждый элемент которой имеет уникальные координаты, увязанные в общее пространство.

Расширим информационное пространство. Для большей детализации добавим координату Z . На срезе координаты $Z = 1$ имеем имена. Если сделаем выборку при $Z = 3$, получим даты рождений. Таким образом, информация о дне рождения Петрова имеет уникальные координаты – $(0,2,3)$ (рис. 9).

Добавив координату Z к учебному материалу, мы не получаем непосредственно информацию, а только опускаемся на один уровень абстракции ниже. В учебных материалах одной координаты Z недостаточно.

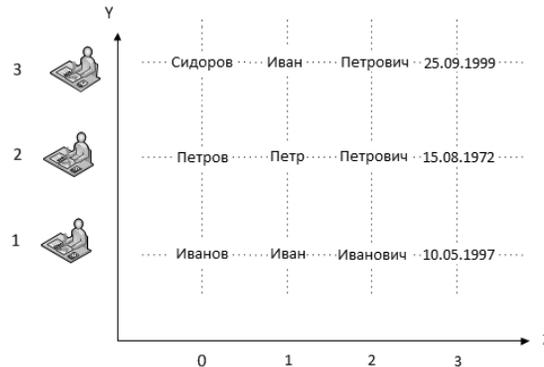


Рис. 9. Координата Z

Следует заметить, что в отличие от традиционного применения для каждого уровня абстракции не всегда порождается отдельное измерение. Если структура данных несложная и достаточно стабильная, то применяется смещение на одном из измерений. Например, объекты тем имеют диапазон на координате Z от единицы до 99, объекты тестов – от 100 до 199, лабораторные – 200–299 (рис. 10). Таким образом, к примеру, имена авторов тем могут располагаться на оси Z на уровне $Z = 2$, оглавление тем имеет $Z = 5$. При этом авторы тестов будут иметь координату $Z = 101$.

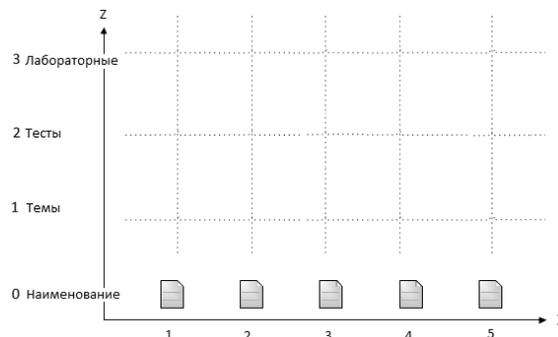


Рис. 10. Пример использования одного измерения для разных уровней абстракций

Объединив две трехмерные структуры в единое пространство координат, получим новую структуру, расшифровку которой можно проиллюстрировать таблицей.

Расшифровка координат			
Y	X	Z	Расшифровка
1	2	3	4
0	n	0	Наименование учебного предмета
0	n	1	Автор учебного предмета
0	n	2	План
0	n	3	Тема

Продолжение табл.

1	2	3	4
0	<i>n</i>	4	Тест
<i>n</i>	0	0	Фамилия студента
<i>n</i>	0	1	Имя
<i>n</i>	0	2	Отчество
<i>n</i>	<i>n</i>	0	Какой предмет изучает студент

В этом гиперкубе точки со следующими координатами представляют:

- (0,100,0) – наименование учебного предмета с измерением 100;
- (0,100,1) – автор учебного предмета с измерением 100;
- (200,0,0) – фамилия студента, имеющего личный номер в системе 200;
- (200,0,2) – отчество студента под номером 200;
- (200,100,0) – информации о том, что студент 200 изучает учебный предмет 100.

Рассмотрим реализацию предложенного подхода для моделирования учебного плана образовательных учреждений. Для иллюстрации преимуществ покажем процесс моделирования как для классических реляционных таблиц, так и для предложенного подхода.

На рис. 11 приведена структура данных на основе реляционных таблиц. Достаточно не сложная задача породила весьма громоздкую структуру таблиц, ключей, связей. Но количество таблиц и связей – не главный недостаток наиболее распространенного подхода представления данных. На рисунке не видна модель учебного плана. Это, в лучшем случае, лингвистическая модель, оперирующая весьма нечеткими критериями – словами.

Предлагается строить модель учебного процесса как разложение по измерениям предметной области, отраженной в учебном плане.

Для описания всех ключевых полей учебного плана достаточно трех измерений. В словесном выражении пример на рис. 12 звучит так: в учебном плане по специальности «Финансы и кредит» в IV семестре изучается предмет Менеджмент. В математическом виде данная позиция (точка) плана будет иметь значение координат: (7050104, 4, 55).

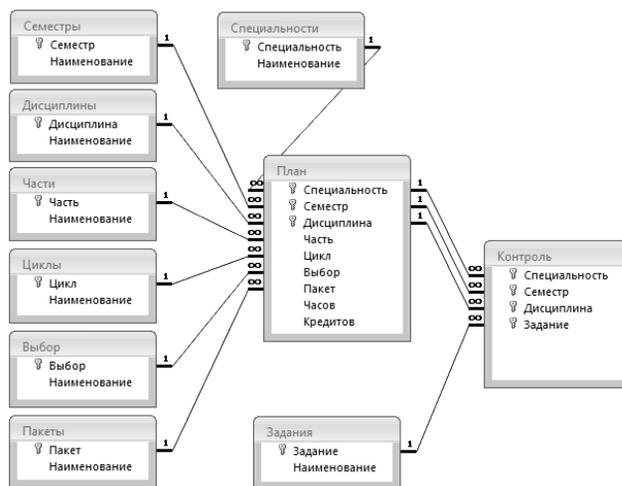


Рис. 11. Представление учебного плана в структуре данных на основе реляционных таблиц

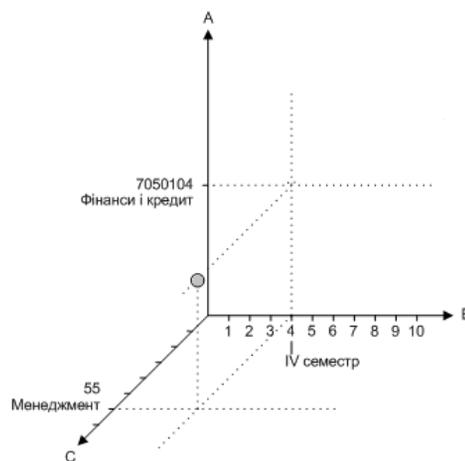


Рис. 12. Привязка трех ключевых полей к координатам

Каждый элемент учебного плана имеет помимо ключевых полей еще и элементы, дополнительно описывающие свойства позиции. К таким элементам относится, к примеру: является ли позиция нормативной частью плана, к какому циклу она относится, какие формы контроля содержит и др.

На каждое дополнительное описание не отводится новое измерение – слишком громоздкая получилась бы структура, да и необходимости в таком решении нет. Для любого количества второстепенных описаний достаточно одной или двух координат. Как правило, достаточно одной, но в случае многовариантного описания одной и той же позиции – можно применить две координаты (рис. 13).

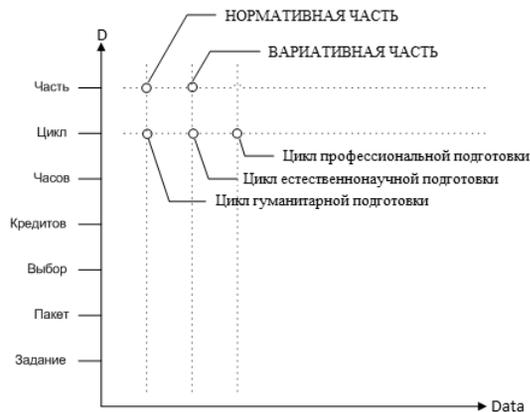


Рис. 13. Двух координат достаточно для описания по любому количеству характеристик

Бывают случаи, когда недостаточно одного значения для описания некоторой характеристики. Например, характеристика «задание» может включать в себя как одно задание (диплом), так и несколько (контрольная работа, зачет). В таком случае можно добавить координату, но можно поступить и проще – зарезервировать диапазон (рис. 14).

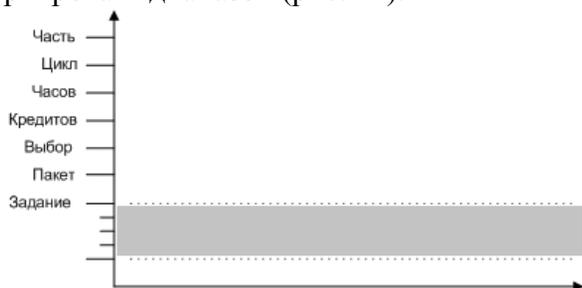


Рис. 14. Описывать значение может как одна ось, так и диапазон значений

Итак, на небольшой задаче учебного плана показаны практически все приемы организации данных.

Для представления структуры данных учебного плана по предложенному подходу понадобится только одна таблица (рис. 15).

Matrix				
A	B	C	D	Data

Рис. 15. Таблица [Matrix]

Измерение A (рис. 16) содержит координаты наименования специальности. Измерение B (рис. 17) содержит координаты названий семестров. Измерение C (рис. 18) содержит координаты названий учебных предметов. Измерение D

содержит дополнительные данные по основному объекту задачи: диапазоны для указания нормативных или вариативных частей ($D = 1$), циклов ($D = 2$), дисциплин по выбору ($D = 5$) и др.

Matrix				
A	B	C	D	Data
7050104	0	0	0	Финансы и кредит

Рис. 16. Оцифрование оси A

Matrix				
	B			Data
	1			I семестр
	2			II семестр
	3			III семестр
	4			IV семестр
	5			V семестр
	6			VI семестр
	7			VII семестр
	8			VIII семестр
	9			IX семестр
	10			X семестр

Рис. 17. Таблица [Matrix]

Matrix				
	C			Data
	12			Банковские операции
	25			Банковское дело
	31			Безопасность жизнедеятельности
	35			Бизнес планирование
	44			Биогеохимия
	51			Биология
	52			Бухгалтерский учет
	55			Бухгалтерский учет в отраслях
	62			Бюджетная система
	66			Вековая и педагогическая психология
	78			Визуальное объектное программирование
	96			Внутренний экономический механизм
	97			Высшая математика
	109			Геология с основами геоморфологии

Рис. 18. Оцифрование оси A

На рис. 19 приведен учебный план, смоделированный при таком подходе.

Matrix				
A	B	C	D	Data
7050104	2	628	1	1
7050104	2	628	2	2
7050104	2	628	3	180
7050104	2	628	4	5
7050104	2	628	5	0

Запись: 120 из 693 | Нет фильтра | Поиск

Рис. 19. Результат ввода учебного плана в систему координат $A-D$

Предложенный подход моделирования позволяет организовывать схему представления

предметной области задачи в виде n-мерного гиперкуба. Предложенная схема есть обобщением известных схем многомерных реляционных хранилищ данных («звезда» и «снежинка»). В то же время предложенная схема пригодна для использования как в OLTP-, так и в OLAP-системах, т.е. с помощью одного и того же программного решения возможно работать как с задачами операционной обработки данных, так и с задачами анализа данных.

С помощью предложенного подхода смоделирована и реализована задача учета дорожно-транспортных происшествий. Рассмотрим реализацию данной задачи, учитывая моделирование структуры данных (рис. 20).

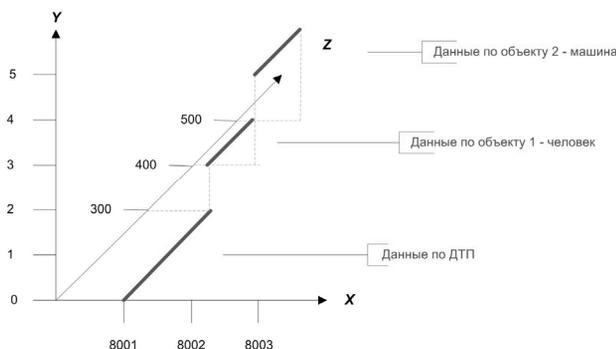


Рис. 20. Гиперкуб для задачи учета ДТП

Измерение X содержит номер ДТП – плоскость с данными по ДТП. Измерение Y – номер объекта ДТП, при Y=0 – общие данные о самом ДТП. Измерение Z – диапазоны различных параметров. Параметры от единицы до 300 – это диапазон общих параметров по ДТП (состояние дороги, освещения и др.). Параметры от 400 до 499 – данные по человеку. Параметры от 500 до 599 – данные по транспорту.

Структура задачи учета ДТП с использованием классических реляционных таблиц (основные таблицы баз справочников) представлена на рис. 21.

В задаче учета ДТП используется 88 различных параметров. При вводе ДТП могут фигурировать десятки участников ДТП и десятки транспортных средств, потому на практике для описания ситуации используется до 400 значений. Но поскольку работа проводится с одной, довольно простой таблицей, форма ввода тоже упрощается.

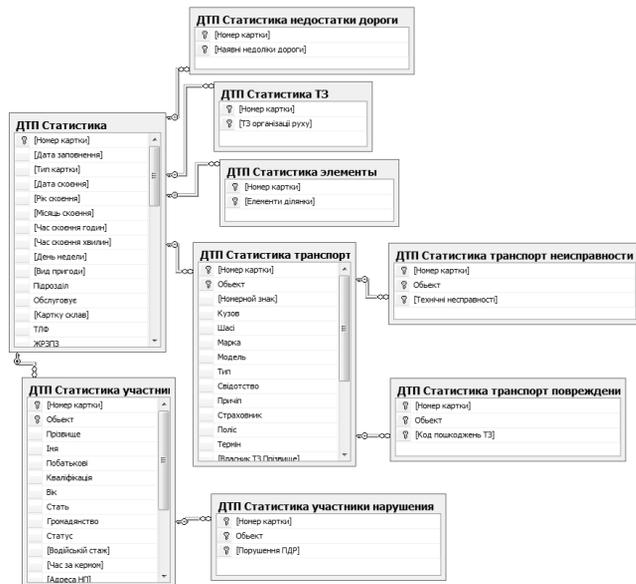


Рис. 21. Основные таблицы и связи для задачи учета ДТП

На рис. 22. показана эта же структура (но уже вся, со справочниками) в виде матрицы. Поля X, Y, Z переименованы для простоты.

ДТП				
Карточка	ч	Объект	Параметр	Значение
9001430	0	161	23000	
9001430	0	160	23000	
9001430	0	120	1	
9001430	0	110	18.03.2010	
9001430	0	100	9001430	
9001429	0	172	EERT	
9001429	0	161	23000	
9001429	0	160	23000	
9001429	0	130	22.01.2010	
9001429	0	120	1	
9001429	0	110	27.01.2010	
9001429	0	100	9001429	

Рис. 22. Многомерный куб задачи учета ДТП

Собственно форма работает как чат (*mes-senger*). После ввода значения в поле, на событие *on blur* (сход с поля), данные отправляются на сервер, проверяются, если все в порядке – записываются в базу и возвращаются в ячейку (т.е. то, что видно в ячейке секунду спустя, это не то, что введено, а то, что записалось в базу). Если ошибка – в ячейку возвращается пусто и поступает красное сообщение об ошибке, т.е. работа с базой происходит постоянно, при вводе каждого значения.

Для передачи информации используется типовая посылка данных. Фактически, к каждому вводимому значению придаются три координаты (карточка, номер объекта, параметр) и все это пишется в одну и ту же таблицу.

Среди фактографических систем важное место занимают два класса: системы операционной обработки данных (*OLTP*-системы) и системы, ориентированные на анализ данных и поддержку принятия решений (*OLAP*-системы). Исторически, в *OLTP*-системах используется классический реляционный подход для моделирования пространства данных. На практике это реляционные базы данных с огромным количеством связанных разными реляционными отношениями таблиц. Но сбор данных – не самоцель, и накопленные информационные массивы могут оказаться весьма полезными. *OLTP*-системы способны выполнять тривиальный анализ данных – вычислять максимальные, минимальные или средние значения атрибутов. Но из накопленных данных можно (и нужно) получать намного более глубокие сведения о функционировании организации, обслуживаемой информационной системой, и о сфере ее деятельности. В информационных массивах можно выявлять скрытые закономерности и выводить из них правила, которым подчиняется предметная область информационной системы. Впоследствии эти правила можно использовать для стратегического планирования, принятия решений и прогнозирования их последствий.

Осознание пользы накапливаемой информации привело к появлению другого класса информационных систем – системы поддержки принятия решений (аналитические системы). Для того чтобы извлекать полезную информацию из данных, они должны быть организованы особым, отличным от принятого в *OLTP*-системах, образом. Главное препятствие использования *OLTP*-систем для анализа – необходимость обработки больших информационных массивов. Чем выше степень нормализации базы данных и чем больше в ней таблиц, тем медленнее выполняется анализ. Происходит это прежде всего потому, что увеличивается число операций соединения отношений. В *OLTP*-системах нормализация таблиц базы данных позволяет устранить избыточность данных, уменьшив тем самым объем действий, необходимых

при обновлении информации. А для анализа необходимо выполнить обратный процесс.

Принципы, лежащие в основе *OLAP*-систем, не позволяют эффективно обрабатывать транзакции, поэтому данные, применяемые для анализа, стали выделять в отдельные базы данных, называемые хранилищами информации. Для построения хранилищ данных используют многомерные модели данных.

Заключение. Предложенный авторами подход позволил объединить в одной структуре данные и использовать их как для задач операционной обработки, так и для задач анализа. При такой структуре транзакции обладают основными свойствами: атомарностью, согласованностью, изолированностью, долговечностью. В то же время предложенная структура ориентирована на предметную область, что облегчает понимание информации конечными пользователями и дает дополнительные возможности построения аналитических запросов.

Реализация подхода для целого ряда задач (учет дорожно-транспортных происшествий для департамента ГАИ МВД Украины, унифицированная система дистанционного обучения на базе банка дистанционных курсов при МОН Украины, информационная система дистанционного обучения в Хмельницком национальном университете, и др.) показала его эффективность и простоту использования. Наличие такого обобщения как *n*-мерное информационное пространство позволило создать универсальное программное обеспечение (*engine*) для работы с предложенной структурой данных.

1. Masaharu Murozumi. A Challenge To A High Transaction Volume Client/Server DB2 Data Shared OLTP System. IBM, 2000. – www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp0015.pdf
2. Going Real-Time for Data Warehousing and Operational BI. GoldenGate, 2009. – http://media.techtarget.com/Syndication/APP_DEVELOPMENT/GoldenGate_Software_GoingRealTime.pdf

Поступила .20.05.2010
Тел. для справок: (068) 172-9821, (0382) 61-2247 (Хмельницкий)
E-mail: alexander.barmak@gmail.com
misha@dn.tup.km.ua
© А.В. Бармак, М.Л. Яновский, 2011