

На правах рукописи

Сергеев Виктор Петрович

**Векторно-матричная модель представления данных  
и ее реализация в иерархических структурах**

Специальность 05.13.11 - Математическое и программное  
обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва 2011

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук Институт проблем информатики РАН

Научный руководитель:

- доктор технических наук, профессор Левин Нисон Абрамович

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор Дулин Сергей Константинович

- кандидат технических наук Борисов Петр Васильевич

Ведущая организация:

- Общество с ограниченной ответственностью Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г. в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д002.073.01 при Учреждении Российской академии наук Институт проблем информатики РАН по адресу: 119333, Москва, ул. Вавилова, д.44, корп. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской академии наук Институт проблем информатики РАН.

Отзывы в одном экземпляре, с заверенной подписью, просим направлять по адресу: 119333, Москва, ул. Вавилова, 44, корп.2, в диссертационный совет.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д002.073.01,

доктор технических наук,

профессор



С.Н. Гринченко

## Общая характеристика работы

**Актуальность темы.** В настоящее время существует множество областей применения систем управления базами данных (СУБД), таких как: обработка экономической информации, использование информационных систем (ИС) в различных сферах деятельности человека, автоматизация работ на промышленных предприятиях. В каждой из этих областей требуется создание разнообразных баз данных (БД) для хранения и обработки большого объема различной информации.

Логической основой любой СУБД является одна или несколько моделей представления данных, наибольшее распространение из которых получила реляционная модель. Ее методы структурирования основаны на математическом аппарате теории множеств и отношений, а операции обработки структурированных данных используют теоретико-множественные операции и их комбинации.

Несмотря на все преимущества реляционной модели представления данных по сравнению с предшествующими моделями, у нее присутствует ряд недостатков, которые, со временем, привели к проблеме хранения, обработки и анализа многомерных массивов данных. Основным ее недостатком является сложность реализации в БД связей с типом связи «многие ко многим» между данными предметной области. Этот недостаток вытекает из применения к  $n$ -арным отношениям теоретико-множественных операций и введения в реляционной модели правил нормализации, которые приводят к необходимости бинаризации каждого из отношений. Кроме этого, нормализация ведет к разрастанию количества отношений и усложнению схемы базы данных, из-за чего возникают проблемы ее модификации в дальнейшем. Особенно это становится актуальным для динамично меняющихся БД. Как следствие, в реляционной модели данных отсутствует многомерность, а также операции многомерной обработки и анализа данных.

Одним из подходов решения данной проблемы в СУБД реляционного типа является создание всевозможных многомерных надстроек (к примеру, таких как OLAP - On-Line Analytical Processing), позволяющих создавать и обрабатывать многомерные структуры данных, дублируя при этом информацию БД, что усложняет механизмы внесения в нее изменений.

Перечисленные проблемы и пути их решения, приводят к необходимости создания новых, более совершенных моделей представления данных, в которых они были бы изначально решены на уровне самой модели, а не ее реализаций.

Еще одним фактором, влияющим на актуальность исследований, служит относительно небольшой объем публикаций и теоретических работ по решению указанных проблем. Все существующие работы можно условно разделить на две группы: работы по созданию многомерных надстроек над реляционными структурами и работы, в которых авторы пытаются реализовывать реляционные СУБД без правил нормализации, обеспечив некоторые возможности хранения и обработки многомерных массивов ( $n$ -арных отношений) на физическом уровне организации СУБД.

Исходя из вышесказанного, видно, что существует необходимость разработки теоретической базы, которая позволила бы решить перечисленные проблемы, а также устранить недостатки хранения и обработки данных, что доказывает актуальность проводимых исследований.

В предлагаемой диссертационной работе излагается новая векторно-матричная модель представления данных, а также проводится ряд исследований, направленных на практическое применение векторно-матричной модели данных для создания новых СУБД векторно-матричного типа.

**Объект исследования.** Модели представления данных.

**Предмет исследования.** Разработка модели представления данных и технического решения для построения новых СУБД.

**Целью работы** является разработка новой модели представления данных, позволяющей эффективно создавать, хранить и обрабатывать многомерные

массивы данных, а также создание технологии построения новых СУБД, основанных на разработанной модели представления данных.

Для достижения указанной цели в диссертации решены следующие задачи:

- 1) обосновано уточнение термина «модель представления данных»;
- 2) выполнен обзор современных моделей представления данных и указаны их основные достоинства и недостатки;
- 3) разработана векторно-матричная модель представления данных по уточненному определению модели представления данных;
- 4) выполнено сравнение операций обработки и методов структурирования векторно-матричной модели представления данных и реляционной модели представления данных;
- 5) разработаны способы повышения эффективности хранения и обработки разреженных данных с помощью отображения алгебры многомерных матриц в иерархических структурах;
- 6) разработано и запатентовано техническое решение системы представления данных в базе данных, основанное на векторно-матричной модели представления данных;
- 7) разработана технология построения СУБД векторно-матричного типа.

**Методы исследования.** При решении поставленных в диссертации задач применялись методы теории баз данных, теории множеств и отношений, теории алгебраических систем, теории графов, теории алгебры многомерных матриц, алгоритмы и языки программирования.

**На защиту выносятся** следующие результаты:

1. Векторно-матричная модель представления данных.
2. Иерархическое представление многомерных матриц и их операций.
3. Технология построения СУБД векторно-матричного типа.

**Научная новизна полученных результатов** заключается: в разработке и формальном описании новой векторно-матричной модели представления

данных; в исследовании функциональных возможностей векторно-матричной модели представления данных и сравнении ее функциональных возможностей с возможностями существующих моделей представления данных; в разработке способов повышения эффективности хранения и обработки разреженных данных с помощью отображения алгебры многомерных матриц в иерархических структурах; в разработке технологии построения СУБД векторно-матричного типа.

При этом автором впервые получены следующие результаты:

- разработаны методы структурирования данных предметной области векторно-матричной модели представления данных;
- описаны правила ограничения целостности векторно-матричной модели представления данных;
- определен набор операций обработки структурированных данных векторно-матричной модели представления данных;
- разработаны принципы проектирования для векторно-матричной модели представления данных с использованием (ER - Entity-Relationship) диаграмм;
- разработано отображение алгебры многомерных матриц в алгебру иерархических структур;
- определены условия повышения эффективности хранения и обработки элементов разреженных многомерных матриц с помощью иерархических структур;
- предложена технология создания СУБД векторно-матричного типа;
- рассмотрена возможность использования векторно-матричной модели представления данных в СУБД иерархического и реляционного типов для повышения их функциональности.

**Практическая ценность** результатов диссертационного исследования заключается в создании новой модели представления данных и разработке технологии создания новых СУБД с использованием запатентованного технического решения.

**Достоверность и обоснованность основных результатов и выводов**

диссертации базируются на: обобщении и развитии существующего опыта хранения и обработки информации в системах управления базами данных; результатах исследований известных моделей представления данных; использовании математического аппарата теории множеств и алгебраических систем; соответствии полученных результатов сведениям, опубликованным в отечественной и зарубежной литературе по тематике проводимых исследований; результатах практического применения разработанных моделей и алгоритмов при создании баз данных.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: Научно-практической конференции «Информатизация общества и проблемы образования» (Смоленск-2002); Всероссийской научно-практической конференции «Методология и методика информатизации образования: концепции, программы, технологии» (Смоленск-2004); Международной конференции «Системы компьютерной математики и их приложения» (Смоленск-2006, 2007), Международной научно-технической конференции «Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы» (Таганрог-2007), Второй научной сессии Института проблем информатики Российской академии наук (Москва-2005).

Результаты проведенных исследований использованы при создании технического решения «Система представления данных в базе данных», что подтверждено патентом РФ на полезную модель.

Результаты диссертации отражены в инициативных проектах РФФИ (№ 07-07-00378, № 09-07-00411).

Результаты работы были применены при разработке информационной системы «Учет сбытовых расходов», реализованной в СУБД реляционного типа в ООО компании «Мир Детства», что подтверждено соответствующим актом о внедрении.

**Публикация результатов работы.** Основные результаты диссертации опубликованы в 12 печатных работах, в том числе одна из них в изданиях рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературы (106 наименований) и двух приложений. Объем работы 126 стр., включая 15 рисунков, 6 таблиц, 2 приложения.

### **Краткое содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность исследований диссертационной работы, представлены положения, характеризующие новизну, практическую значимость, личный вклад автора, достоверность результатов. Кроме этого, сформулированы основные цели и задачи исследований.

**В первой главе** исследуется понятие и уточняется определение модели представления данных. Рассматриваются современные модели представления данных и перечисляются их основные преимущества и недостатки. Обосновывается необходимость поиска новых моделей представления данных для повышения эффективности хранения и обработки данных.

Особое внимание в первой главе уделяется понятию модели представления данных и дается ее уточненное определение, на базе которого строится изложение последующих глав диссертационной работы. ***Модель представления данных определяется как инструмент моделирования предметной области, включающий в себя структуры данных, методы структурирования данных предметной области, правила ограничения целостности и операции обработки структурированных данных.***

Модель представления данных формализует предметную область, используя структуры данных, и предоставляет операции обработки структурированных данных.

С помощью структур данных модели представления данных систематизируется и представляется информация предметной области.



Методы структурирования являются инструментом представления информации предметной области в структурах данных, а правила ограничений целостности обеспечивают непротиворечивость представленных данных с информацией предметной области.

Операции обработки данных включают в себя операции работы со структурированными данными, которые допустимо производить над структурами данных модели представления данных.

Также в данной главе рассматриваются недостатки существующих моделей представления данных (иерархической, сетевой и реляционной).

Отмеченные недостатки известных моделей представления данных делают актуальной необходимость поиска новых, более совершенных моделей представления данных.

В качестве одной из таких моделей, в которой устраняется большая часть недостатков, рассматривается векторно-матричная модель представления данных.

**Вторая глава** посвящена описанию разработанной автором векторно-матричной модели представления данных.

Особенностью векторно-матричной модели представления данных является следующее:

1. Основной структурой данных для описания объектов предметной области является множество. Многомерная матрица является основной структурой данных для описания связей между объектами предметной области.

( $p$  – мерная (многомерная) матрица  $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$  определяется как совокупность элементов  $a_{i_1 \dots i_p}$ , где индексы  $i_1, \dots, i_p$  принимают значения от 1 до  $n_\alpha (\alpha = 1, \dots, p)$  соответственно,  $p$  – мерная матрица содержит  $n_1 \times \dots \times n_p$  элементов).

2. Все элементы множеств нумеруются в них по порядку. Сформированные номера являются индексом при формировании многомерных

матриц, описывающих связи между элементами различных множеств, объектов предметной области.

Методы структурирования данных векторно-матричной модели представления данных применительно к данным произвольной предметной области сводятся к последовательному выполнению следующих трех операций:

- факторизация множества объектов предметной области по указанному в диссертационной работе отношению эквивалентности - (два объекта эквивалентны, если они имеют одинаковый набор функций, значения которых характеризуют набор атрибутов соответствующих объектов);

- добавление для каждого объекта  $x$  предметной области при его представлении в структурах данных векторно-матричной модели представления данных трех дополнительных атрибутов:  $Id(x)$  (идентификатор),  $Num(x)$  (порядковый номер в классе эквивалентности) и  $Selector(x)$  (представление);

- построение многомерных матриц, значениями индексов которых являются значения функций  $Num(x)$  соответствующих классов эквивалентности.

В векторно-матричной модели представления данных определяются следующие правила ограничения целостности:

- элементы каждого из множеств нумеруются в нем по порядку;
- присвоенный элементу номер не изменяется и не может быть присвоен какому-либо другому элементу даже после удаления первого элемента из множества;

- удаление элемента из множества должно повлечь за собой проверку существования индексов со значением элемента в многомерных матрицах;

- элемент множества может быть удален только после предшествующего удаления всех элементов многомерных матриц с его участием.

В векторно-матричной модели представления данных операции обработки данных включают в себя:

- теоретико-множественные операции: объединение, разность, пересечение, декартово произведение, а также их комбинации;
- операции алгебры многомерных матриц: сложение,  $(\lambda, \mu)$  свернутое произведение, свертка, сечение, транспонирование, а также их комбинации;
- комбинации теоретико-множественных операций и операций алгебры многомерных матриц.

На рис. 1. Схематично показан смысл взаимосвязи структур данных векторно-матричной базы данных.

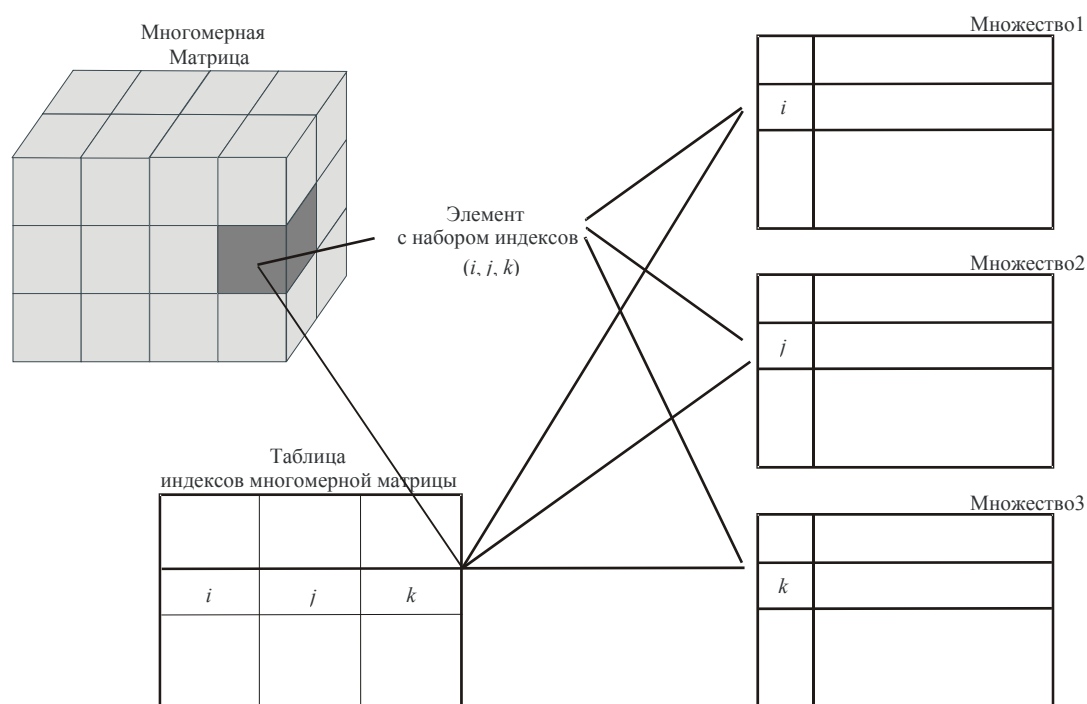


Рис. 1. Взаимосвязь структур векторно-матричной базы данных

В векторно-матричной базе данных все связи между объектами предметной области представляются в формате «многие ко многим», что упрощает процедуру описания схемы векторно-матричной базы данных.

В диссертационной работе рассматривается применение проектирования с помощью ER-диаграмм к методам векторно-матричного структурирования данных, а также производится описание структуры ключей и индексов для

реализации структур данных на физическом уровне при построении СУБД векторно-матричного типа.

Также во второй главе производится сравнение функциональных возможностей векторно-матричной модели представления данных с функциональными возможностями существующих моделей представления данных. Основные отличия при сравнении векторно-матричной и реляционной моделей представления данных представлены в таблице 1.

Таблица 1. Отличия при сравнении векторно-матричной и реляционной моделей представления данных

Предмет сравнения	Реляционная	Векторно-матричная
Методы структурирования	1. Домены (множества). 2. Отношения (подмножества декартовых произведений множеств, в операциях обработки рассматриваются как множества кортежей). 3. Правила нормализации, приводящие к бинаризации отношений.	1. Векторы (пронумерованные множества). 2. Многомерные матрицы (полные декартовы произведения пронумерованных множеств).
Операции обработки	Теоретико-множественные операции.	1. Теоретико-множественные операции. 2. Операции алгебры многомерных матриц.

Методы структурирования векторно-матричной модели представления данных позволяют представлять связи с типом «многие ко многим» между объектами предметной области. Описываемое представление упрощает

проектирование предметной области и унифицирует механизм отображения данных в векторно-матричной базе данных.

Операции обработки данных векторно-матричной модели представления данных включают в себя операции обработки данных реляционной модели представления данных (теоретико-множественные операции и их комбинации) и операции многомерной обработки и анализа данных алгебры многомерных матриц. При этом возможно построение алгебраических выражений из многомерных матриц.

Основным недостатком векторно-матричной модели представления данных является нерациональное хранение и обработка разреженных многомерных матриц. В диссертационной работе для устранения данного недостатка разрабатываются методы представления многомерных матриц и операций алгебры многомерных матриц в иерархических структурах.

**Третья глава** описывает способ хранения и обработки разреженных многомерных матриц. При этом используются основные понятия теории графов.

Любая многомерная матрица представима в виде связной иерархической структуры ее сечений. Рассмотрим матрицу  $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$ , где  $i_k = 1, \dots, n_k$  ( $k = 1, \dots, p$  соответственно). Сечением  $\{(i_1, i_2, \dots, i_p)\}$  матрицы будет множество элементов с координатами  $(i_1, i_2, \dots, i_p)$ , где  $i_1 = 1, \dots, n_1, i_2 = 1, \dots, n_2, \dots, i_p = 1, \dots, n_p$ , при этом один или несколько индексов будут фиксированными. Определим сечениями  $l$  уровня сечения, полученные из матрицы  $A$ , фиксацией значений индексов  $i_1, i_2, \dots, i_l$ .

Для произвольной многомерной матрицы, количество уровней разбиения на сечения, а также количество самих сечений будут определяться размерностью матрицы. Уровней разбиения будет столько же, сколько индексов в многомерной матрице -  $p$ . Общее количество сечений всех уровней будет равно  $n_1 + n_1 \times n_2 + \dots + n_1 \times n_2 \times \dots \times n_p$ . Количество сечений  $l$  уровня будет равно  $n_1 \times n_2 \times \dots \times n_l$ .

Рассмотрим произвольную трехмерную матрицу  $A = \left\| a_{i_1 i_2 i_3} \right\|$ , где  $i_1 = 1, \dots, n_1, i_2 = 1, \dots, n_2, i_3 = 1, \dots, n_3$  (рис. 2).

$$\left( \begin{array}{cccc} a_{111} & a_{211} & \dots & a_{n_1 11} \\ a_{121} & a_{221} & \dots & a_{n_1 21} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n_2 1} & a_{2n_2 1} & \dots & a_{n_1 n_2 1} \end{array} \right) \left\| \left( \begin{array}{cccc} a_{112} & a_{212} & \dots & a_{n_1 12} \\ a_{122} & a_{222} & \dots & a_{n_1 22} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n_2 2} & a_{2n_2 2} & \dots & a_{n_1 n_2 2} \end{array} \right) \right\| \dots \left\| \left( \begin{array}{ccc} a_{11n_3} & a_{21n_3} & \dots & a_{n_1 1n_3} \\ a_{12n_3} & a_{22n_3} & \dots & a_{n_1 2n_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n_2 n_3} & a_{2n_2 n_3} & \dots & a_{n_1 n_2 n_3} \end{array} \right) \right\|$$

Рис. 2. Матрица  $A = \left\| a_{i_1 i_2 i_3} \right\|$

Для данной матрицы уровней разбиения будет три.

Сечений первого уровня будет  $n_1: \{(1, i_2, i_3)\}, \{(2, i_2, i_3)\}, \dots, \{(n_1, i_2, i_3)\}$ .

Сечений второго уровня будет  $n_1 \times n_2: \{(1, 1, i_3)\}, \{(1, 2, i_3)\}, \dots, \{(n_1, n_2, i_3)\}$ .

Сечений третьего уровня будет  $n_1 \times n_2 \times n_3: \{(1, 1, 1)\}, \{(1, 1, 2)\}, \dots, \{(n_1, n_2, n_3)\}$ .

Сопоставим каждому сечению последнего уровня рассматриваемой многомерной матрицы значение элемента многомерной матрицы, в нем содержащееся. Все сечения всех уровней с сопоставленными значениями элементов многомерной матрицы представимы с помощью иерархической структуры (рис. 3).

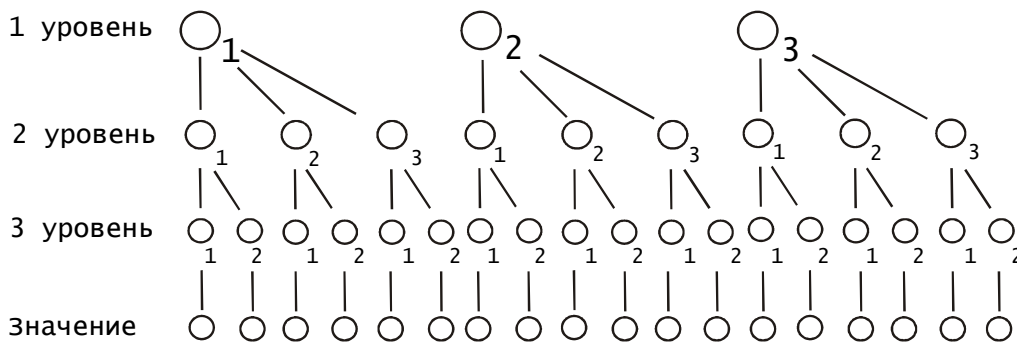


Рис. 3. Иерархическая структура рассматриваемой матрицы  $A = \left\| a_{i_1 i_2 i_3} \right\|$

(вместо сечений записаны фиксированные индексы соответствующих уровней)

Иерархическая структура представляет собой граф. При таком представлении, иерархическая структура определяется совокупностью полных путей графа, так как два произвольных полных пути иерархической структуры не совпадают, каждый в отдельности характеризует единственный элемент многомерной матрицы, а в совокупности образуют все элементы многомерной матрицы с соответствующими индексами.

Определение 1: Элементом иерархического представления многомерной матрицы  $A = \left\| a_{i_1 \dots i_p} \right\|$  назовем полный путь иерархической структуры, и обозначим его  $V_{a_{i_1 \dots i_p}} = (i_1, i_2, \dots, i_p, a_{i_1 \dots i_p})$ .

Определение 2: Иерархическим представлением многомерной матрицы  $A = \left\| a_{i_1 \dots i_p} \right\|$ , индексы элементов которой  $i_1, \dots, i_p$  принимают значения от 1 до  $n_\alpha$  ( $\alpha = 1, \dots, p$ ), соответственно, назовем иерархическую структуру  $T_A^p = (n_1, n_2, \dots, n_p)$ , которая задается совокупностью элементов иерархического представления  $T_A^p = \left\| V_{a_{i_1 \dots i_p}} \right\|$ .

Также в третьей главе даются определения представления основных операций алгебры многомерных матриц в иерархических структурах.

Кроме этого, в третьей главе рассматриваются условия, накладываемые на алгебру значений элементов многомерных матриц:

1. Алгебра  $\langle M, \oplus, \otimes \rangle$  - множество  $M$  с заданными на нем двумя бинарными операциями  $\oplus$  и  $\otimes$ .
2. Закон симметричности и наличие нейтрального элемента выполняются для операций  $\oplus$  и  $\otimes$ .
3. Нейтральный элемент по операции  $\oplus$  является обнуляющим элементом по операции  $\otimes$ , т. е. существует такой элемент  $e \in M$ , при котором  $\forall a \in M, e \oplus a = a \oplus e = a$  и  $\forall a \in M, e \otimes a = a \otimes e = e$ .

Элемент  $e$  играет важную роль. Назовем этот элемент нулем. К примеру, для поля действительных чисел таким элементом будет являться 0. Для поля логических элементов – элемент «ложь».

При использовании указанных условий при хранении и обработке многомерных матриц в иерархических структурах достаточно хранения и обработки только элементов не равных нулю ( $e$ ) соответствующих многомерных матриц, что позволяет минимизировать затраты при хранении и сократить число операций при обработке разреженных многомерных матриц.

**В четвертой главе** рассматривается архитектура систем управления базами данных, основанная на векторно-матричной модели представления данных.

Логический уровень организации СУБД векторно-матричного типа (ВМСУБД) разработан как техническое решение в патенте РФ на полезную модель "Система представления данных в базе данных".

Система представления данных в базе данных содержит средство управления векторно-матричными базами данных, взаимосвязанное с векторно-матричной базой данных и с блоком хранения данных предметной области. Векторно-матричная база данных включает взаимосвязанные между собой узел хранения множеств значений характеристик объектов предметной области и узел хранения многомерных матриц. Средство управления векторно-матричными базами данных включает узел структурирования данных и узел обработки структурированных данных. Векторно-матричная база данных содержит узел хранения множеств значений характеристик объектов предметной области для представления объектов предметной области и узел хранения многомерных матриц для представления связей между объектами предметной области. Средство управления векторно-матричными базами данных содержит узел структурирования данных, выполняющий операции структурирования данных предметной области, которые основываются на методах структурирования векторно-матричной модели данных, и узел обработки структурированных данных, выполняющий операции обработки данных векторно-матричной базы данных, включая теоретико-множественные операции и операции алгебры многомерных матриц и их комбинации.



Работа системы представления данных в базе данных основывается на векторно-матричной модели представления данных.

Кроме этого, в четвертой главе особое внимание уделяется рассмотрению применения векторно-матричной модели представления данных в существующих СУБД реляционного и иерархического типов для увеличения функциональности последних. Такая возможность осуществляется за счет взаимосвязи между структурами данных векторно-матричной, реляционной и иерархической моделей представления данных (рис. 4).

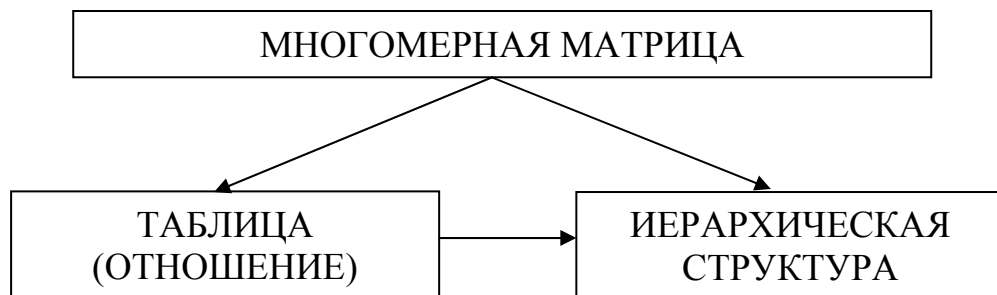


Рис. 4. Взаимосвязь структур представления данных

В качестве одного из примеров такого использования взаимосвязи структур данных, рассматривается применение методов структурирования данных векторно-матричной модели представления данных при создании информационной системы «Учет сбытовых расходов», реализованной в СУБД реляционного типа в ООО компании «Мир Детства», что позволило упростить схему базы данных указанной системы, и существенно ускорить получение итоговых отчетов.

**В заключении** делаются выводы и намечаются пути дальнейшего исследования применения векторно-матричной модели представления данных.

Дальнейшее развитие научных исследований целесообразно вести в следующих направлениях:

1. Создание и исследование систем управления базами данных векторно-матричного типа.

2. Разработка высокопроизводительных способов хранения и обработки иерархических структур для реализации физического уровня СУБД векторно-матричного типа. Использование в исследованиях способов распараллеливания процессов обработки данных и доступа к ним.

3. Исследование и стандартизация языка описания и языка манипулирования данными для работы с векторно-матричной базой данных с использованием современных принципов объектно-ориентированного программирования.

### **Основные результаты работы**

1. Впервые в диссертационной работе предложена векторно-матричная модель представления данных и ее реализация в иерархических структурах, с помощью чего решена проблема повышения эффективности хранения и обработки данных.

2. Разработанная векторно-матричная модель представления данных обладает рядом важных свойств, необходимых для эффективного хранения и обработки данных, таких, как унифицированные методы векторно-матричного структурирования данных предметной области, расширенный, по сравнению с другими моделями представления данных, аппарат операций векторно-матричной обработки данных.

3. Проведен анализ проблем, возникающих при хранении разреженной информации, представленной с помощью многомерных матриц. Разработаны способы иерархического представления многомерных матриц и операций алгебры многомерных матриц для улучшения хранения и обработки разреженных данных.

4. Разработано и запатентовано техническое решение, которое представлено в патенте на полезную модель "Система представления данных в базе данных".

5. Предложенные методы векторно-матричного структурирования реализованы при создании информационной системы «Учет сбытовых расходов» в ООО компании «Мир Детства». Система ориентирована на конечных пользователей и обеспечивает хранение, обработку, анализ и быстрый поиск данных при решении поставленных задач.

### **Основные публикации по теме диссертации**

1. Сергеев В.П. Векторно-матричная модель представления данных. // Вестник компьютерных и информационных технологий. - Москва: Изд-во Машиностроение. - 2010 г. №6. Стр.3-8

2. Сергеев В.П., Левин Н.А., Мунерман В.И., Гайдаенко Т.А., Провоторова А.О., Ширай А.Е., Оздемир С.М. // Патент на полезную модель «Система представления данных в базе данных» № 82355. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20.04.2009 г. Бюл. № 11. МПК G06F 17/30. -

URL:[http://www1.fips.ru/fips\\_serv1/fips\\_servlet?DB=RUPM&rn=5090&DocNumber=82355&TypeFile=html](http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet?DB=RUPM&rn=5090&DocNumber=82355&TypeFile=html).

Личный вклад автора: разработка и описание системы представления данных в базе данных на основе принципов векторно-матричной модели представления данных.

3. Сергеев В.П. Реализация матричной модели данных в иерархических структурах. // Математическая морфология. Электронный математический и медико-биологический журнал. - Т. 6. - Вып. 2. - 2007 г. - Рег. №042070004/0020. - URL:<http://sgma.alpha-design.ru/MMORPH/N-14-html/sergeev/sergeev.htm>

4. Провоторова А.О., Сергеев В.П. Методы тестирования и оценки производительности вычислительной системы «BCAPP» в составе параллельной системы баз данных. // Материалы международной научно-

технической конференции. Т.1. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. - 2007 г. Стр. 100-104.

Личный вклад автора: разработка принципов использования в вычислительной системе «ВСАРР» векторно-матричной модели представления данных.

5. Сергеев В.П. Гомоморфное отображение алгебры многомерных матриц в иерархические структуры. // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. Мин-во образования и науки РФ; Смоленский гос. Ун-т. - Смоленск: Изд-во СмолГУ. - Вып. 8. - 2007 г. Стр. 111-113.

6. Левин Н.А., Сергеев В.П. Иерархическое представление алгебры многомерных матриц. // Деп. ВИНТИ 12.09.2006 г. №1149-В2006, 13 с.

Личный вклад автора: разработка способов иерархического представления алгебры многомерных матриц в иерархических структурах.

7. Сергеев В.П. Использование алгебры многомерных матриц для работы с данными на параллельных ЭВМ. // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы международной конференции. - Смоленск: Изд-во СмолГУ. - Вып. 7. - 2006 г. Стр. 90-92.

8. Сергеев В.П. Представление многомерных матриц в иерархических структурах для повышения эффективности хранения и процессов обработки данных. // Системы и средства информатики. Стохастические технологии и системы. - Москва: Изд-во ИПИ РАН. - 2005 г. Стр. 297-317.

9. Левин Н.А., Мунерман В.И., Сергеев В.П. Применение многомерных матриц в запросах пользователей к базам данных. // Проблемы и методы информатики. II Научная сессия ИПИ РАН: Тезисы докладов. Под ред. И.А. Соколова. - Москва: Изд-во ИПИ РАН. - 2005 г. Стр. 81-86.

Личный вклад автора: описание методов построения языков манипулирования данными, использующих операции алгебры многомерных матриц.

10. Левин Н.А., Мунерман В.И., Сергеев В.П. Алгебра многомерных матриц как универсальное средство моделирования данных и ее реализация в современных СУБД. // Системы и средства информатики. - Москва: Изд-во Наука. - Вып. 14. - 2004 г. Стр. 86-99.

Личный вклад автора: разработка способов реализации алгебры многомерных матриц в иерархических структурах.

11. Сергеев В.П. Оптимизация структур данных в распределенных педагогических системах. // Методология и методика информатизации образования: концепции, программы, технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (26-28 января 2004 года). - Смоленск: Изд-во СГПУ. - 2004 г. - Стр. 127-130.

12. Сергеев В.П. Матричные модели баз данных в задачах автоматизации учебного процесса. // Информатизация общества и проблемы образования: Материалы научно-практической конференции (25-27 марта 2002 года). - Москва-Смоленск: Изд-во ИПИРАН, СГПУ. - 2002 г. - Стр. 49-53.