

## **Язык запросов к миварному представлению реляционных баз данных, содержащих архив информации из предыдущих кадровых систем**

© А.В. Балдин, С.А. Тоноян, Д.В. Елисеев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

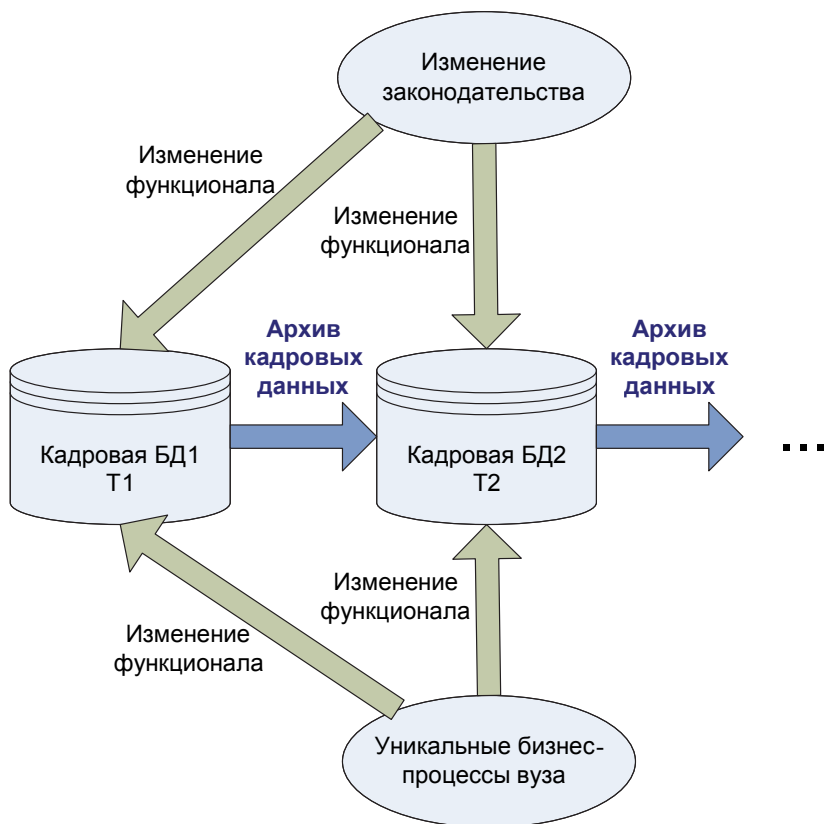
*Проведен анализ возможностей обработки реляционных баз данных, консолидированных в рамках миварного пространства, который показал необходимость разработки языка запросов к такому представлению архива кадровой информации. Для этого была предложена схема работы с миварным представлением реляционных баз данных, позволяющая использовать SQL-запросы из предыдущих кадровых систем. Проведен анализ языка запросов SQL с целью определения дополнительных операторов, которые дают возможность обрабатывать информацию, хранящуюся в многомерном миварном пространстве. Определены операторы обработки многомерных пространств, специальные операции выявления требуемого состояния отношения реляционной модели и операторы для динамического формирования отношений реляционных баз данных из миварного пространства. Предложенный миварный подход упрощает решение задачи обработки темпоральных данных с изменяемой структурой в информационных системах.*

**Ключевые слова:** *реляционная база, миварное пространство, SQL-запрос, многомерное пространство, отношения, операторы, множество, база данных, структура данных.*

**Введение.** При эксплуатации систем кадрового учета вуза возникает необходимость периодически проводить модернизацию информационной системы с целью ее соответствия постоянно изменяющемуся законодательству и текущим бизнес-процессам вуза, что приводит к изменению схемы базы данных (БД) (рис. 1) [1–4].

База данных системы кадрового учета вуза характеризуется следующими особенностями:

- кадровые данные носят темпоральный характер, т. е. изменяются со временем [1, 5]. Поэтому при функционировании системы происходит накопление архива кадровой информации;
- работа системы связана с обработкой архива кадровых данных;
- модернизация кадровой БД должна проводиться с сохранением накопленного архива кадровых данных. Это приводит к увеличению количества БД каждый раз при изменении их структуры. Таким образом, измененная система должна работать с архивом кадровых данных, распределенных по нескольким базам.



**Рис. 1.** Схема изменения БД системы кадрового учета вуза в момент времени T1, T2

Реализация работы с архивом кадровых данных, накопленных в предыдущей системе, может быть выполнена несколькими способами.

*Перекачка архива из нескольких реляционных баз данных (РБД).* Такой способ приемлем при работе с одной БД. При работе с несколькими БД, имеющими разные структуры, происходит нарушение целостности данных, усложняется эксплуатация информационной системы, увеличивается время перекачки данных.

*Разработка модуля взаимодействия с РБД.* Этот способ, как и предыдущий, удобен для работы с одной БД. А при работе с несколькими БД возникают сложности идентификации необходимой информации в БД и их обработки, а также увеличиваются затраты на вычислительные ресурсы [1, 6].

Учитывая недостатки предыдущих двух способов, для решения поставленной задачи предложен способ *многомерного представления РБД*. Преимущества этого способа: используется единое многомерное пространство, объединяющее множество РБД, упрощается со-

ставление запросов к архиву кадровой информации, упрощается процесс перекачки информации из-за сохранения структур исходных БД в рамках многомерного пространства.

Поэтому актуальной является разработка языка запросов к миварному представлению РБД, содержащих архив информации из предыдущих кадровых систем, с целью использования существующих SQL-запросов.

**Структура многомерного информационного пространства для хранения архива кадровых данных, накопленных в предыдущей кадровой системе.** Миварное (многомерное информационное варьирующееся) пространство — самоорганизующееся динамическое многомерное объектно-системное дискретное пространство унифицированного представления данных и правил [7].

Определим общую структуру миварного пространства для консолидации РБД.

Реляционная модель данных — это множество нормализованных отношений, к которым применимы операции реляционной алгебры. Каждое отношение включает в себя множество атрибутов и множество записей, которые определяются ключом отношения. Таким образом, для описания реляционной модели данных в миварном пространстве необходимо ввести три оси: ось отношений, ось атрибутов отношений и ось идентификаторов записей отношения [2, 8, 9].

Так как базы данных из предыдущих систем актуальны в течение определенного периода, вводится ось времени, которая определяет состояние реляционной модели.

Таким образом, структура миварного пространства для консолидации РБД состоит из четырех основных осей:

- 1)  $V$  — множество отношений реляционной модели,

$$V = \{v_i\}, \quad i = \overline{1, I_V}, \quad I_V = |V|;$$

- 2)  $S$  — множество атрибутов отношений,

$$S = \{s_i\}, \quad i = \overline{1, I_S}, \quad I_S = |S|;$$

- 3)  $ID$  — множество идентификаторов записи отношения;

- 4)  $T$  — множество времен изменений состояний РБД.

Тогда многомерное пространство  $M$  будет иметь следующий вид:

$$M = V \times S \times ID \times T.$$

Если  $m \in M$ , то  $m = \langle v, s, id, t \rangle$  — точка многомерного пространства.

В таблице представлена структура отношения  $v_i$ , а на рис. 2 — многомерное и миварное представление реляционной модели.

### Структура отношения $v_i$

Атрибут 1 ( $s_1$ )	Атрибут 2 ( $s_2$ )	...	Атрибут $n$ ( $s_n$ )
Значение 1.1	Значение 1.2	...	Значение 1. $n$
Значение 2.1	Значение 2.2	...	Значение 2. $n$
...	...	...	...
Значение $k.1$	Значение $k.2$	...	Значение $k.n$

Миварное пространство позволяет выполнять перекачку данных из предыдущих БД без изменения их структуры, что обеспечивает использование уже существующих SQL-запросов.

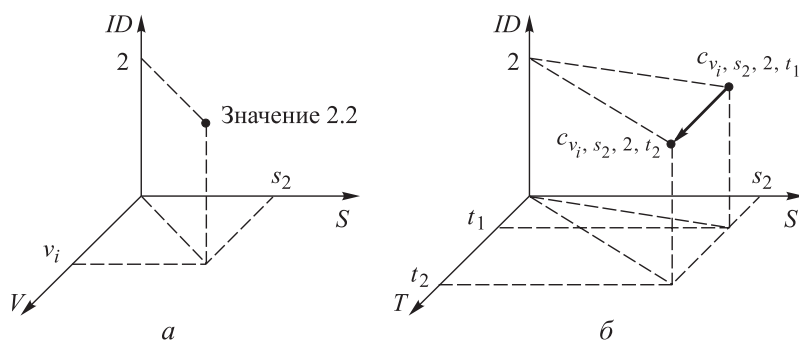


Рис. 2. Представление реляционной модели:  
 $a$  — многомерное;  $b$  — миварное

**Анализ языка запросов SQL с целью расширения функционала для РБД, консолидированных в рамках миварного пространства.** Адаптивность миварного многомерного пространства обусловлена динамичностью изменения структур данных: в любой момент времени могут быть изменены как сами данные, так и структуры данных.

Для обработки РБД в настоящее время применяется язык запросов SQL, который представляет собой совокупность операторов, инструкций и вычисляемых функций над реляционными отношениями [9–11].

Основным объектом хранения РБД является таблица, поэтому все SQL-запросы — это операции над таблицами. В соответствии с этим язык SQL позволяет выполнять:

- операции создания, изменения и удаления таблиц;
- операции манипулирования данными;
- операции выборки записей из одной или нескольких таблиц.

Для использования существующих SQL-запросов к РБД, консолидированных в рамках миварного пространства и содержащих архив кадровых данных из предыдущих систем, необходимо дополнить

язык SQL операторами, которые преобразуют определенную область миварного пространства в соответствующее состояние реляционного отношения. Схема работы с миварным пространством представлена на рис. 3.

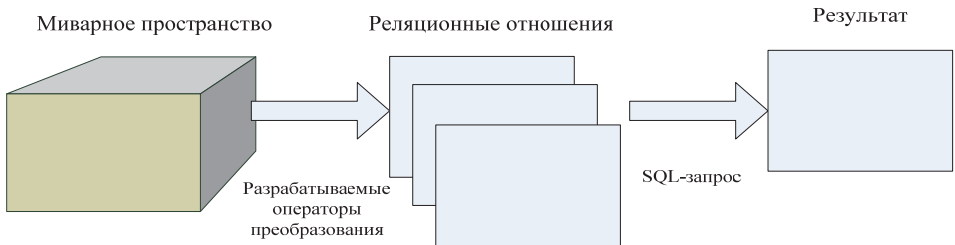


Рис. 3. Схема работы с миварным представлением РБД

Таким образом, необходим язык запросов к миварному представлению РБД, который позволит динамически формировать разные состояния реляционных отношений с последующей их обработкой средствами языка запросов SQL.

**Разработка операций для работы с многомерными пространствами.** Выше было указано, что многомерное пространство может быть представлено в следующем виде:

$$M = V \times S \times ID \times T.$$

Каждой точке многомерного миварного пространства соответствует одно значение из множества  $C$ :  $c_m \in C$ .

Введем следующие операции над точками миварного пространства:

- объединение пространств  $\cup M$  :

$$\begin{aligned} M_D = M_A \cup_M M_B &= V_D \times S_D \times ID_D \times T_D, \\ V_D = V_A \cup V_B, S_D = S_A \cup S_B, ID_D = ID_A \cup ID_B, \\ T_D = T_A \cup T_B; \end{aligned}$$

- пересечение пространств  $\cap M$  :

$$\begin{aligned} M_D = M_A \cap_M M_B &= V_D \times S_D \times ID_D \times T_D, V_D = V_A \cap V_B, \\ S_D = S_A \cap S_B, ID_D = ID_A \cap ID_B, T_D = T_A \cap T_B; \end{aligned}$$

- разность пространств  $\setminus M$  :

$$\begin{aligned} M_D = M_A \setminus_M M_B &= V_D \times S_D \times ID_D \times T_D, V_D = V_A \setminus V_B, \\ S_D = S_A \setminus S_B, ID_D = ID_A \setminus ID_B, T_D = T_A \setminus T_B; \end{aligned}$$

• срез пространства:

$$M_D = \Psi_M^{f(v,s,id,t)}(M_A) = V_D \times S_D \times ID_D \times T_D,$$

где

$$f(v_A, s_A, id_A, t_A) = f_V(v_A) \wedge f_S(s_A) \wedge f_{ID}(id_A) \wedge f_T(t_A),$$

$$v_A \in V_A, s_A \in S_A, id_A \in ID_A, t_A \in T_A.$$

**Разработка специальных операций, связанных с определением требуемого состояния отношения реляционной модели.** Для РБД, содержащих архив информации из предыдущих систем, необходима возможность получения состояний реляционной модели в определенные моменты времени. Чтобы выполнять указанную операцию, разработаем преобразования «Срез первых» и «Срез последних» [2, 8, 10].

Преобразование «Срез первых» формирует первое состояние модели данных с заданного момента времени  $t$ :  $C_{\tau_F} = \tau_F(C, t_0)$ .

Введем на множестве значений точек многомерного пространства  $C$  отношение эквивалентности  $\rho_{VSID}$ :

$$m_1 = \langle v_1, s_1, id_1, t_1 \rangle, m_2 = \langle v_2, s_2, id_2, t_2 \rangle,$$

$$c_{m_2} = \rho_{VSID}(c_{m_1}) \Leftrightarrow v_1 = v_2 \text{ и } s_1 = s_2 \text{ и } id_1 = id_2.$$

Тогда множество элементов  $[c_{m_0}]_{\rho_{VSID}} = \{c_m : c_m = \rho_{VSID}(c_{m_0})\}$ , где  $c_{m_0}, c_m \in C$  — класс эквивалентности по отношению  $\rho_{VSID}$ . Множество классов эквивалентности по отношению  $\rho_{VSID}$  на множестве значений точек многомерного пространства  $C$  образует разбиение этого множества и обозначается  $C / \rho_{VSID}$ .

Так как множество  $T$  является упорядоченным, элементы множества  $[c_{m_0}]_{\rho_{VSID}}$  можно упорядочить по оси  $T$  и найти максимальный или минимальный элемент. Минимальный элемент множества  $[c_{m_0}]_{\rho_{VSID}}$  обозначим  $\min_T [c_{m_0}]_{\rho_{VSID}}$ . Тогда множество минимальных элементов

$$C_{\tau_F} = \tau_F(C, t_0) = \left\{ \min_T [c_{m_t}]_{\rho_{VSID}} \right\},$$

где  $c_{m_t} \in C_{t \geq t_0}$ ,  $C_{t \geq t_0} = \{c_m : t \geq t_0, c_m \in C\}$ .

Графическое представление оператора преобразования «Срез первых» показано на рис. 4. Сначала отбираются все точки, которые имеют координату по оси времени больше заданного значения  $t_0$ . Затем выбранные значения координат точек разбиваются на классы

эквивалентности по отношению  $\rho_{V_{SID}}$ , и в каждом классе определяется точка с наименьшей координатой на временной оси.

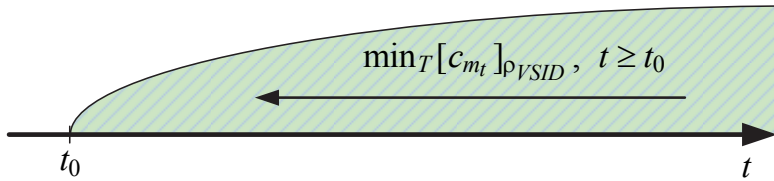


Рис. 4. Оператор преобразования «Срез первых»

Множество, состоящее из точек, имеющих наименьшую координату по оси времени в каждом классе эквивалентности множества  $C$  по отношению  $\rho_{V_{SID}}$ , является результатом оператора преобразования «Срез первых».

По аналогии с оператором «Срез первых» преобразование «Срез последних» формирует последнее состояние модели данных до заданного момента времени  $t$ :  $C_{\tau_L} = \tau_L(C, t_0)$ .

**Разработка операций для динамического формирования отношений реляционной базы данных из миварного пространства.** Оператор преобразования  $\alpha$  получает из определенного множества значений точек многомерного пространства соответствующее ему состояние РБД:  $\alpha: C_M \rightarrow R_D$ . При этом выполняются следующие действия:

- определяются множества значений точек, описывающих отношения, содержащиеся в исходном множестве  $C_M$ . ( $V_{C_M}$  — множество названий отношений, содержащихся в исходном множестве  $C_M$ );
- для каждого множества значений точек, принадлежащих отношению реляционной модели  $r$ , определяется схема. Она состоит из множества атрибутов  $S_{C_r}$ , содержащихся в множестве  $C_r$ , и идентификатора записи;
- формируются значения атрибутов кортежей отношения  $Dr_n$  из точек многомерного пространства с соответствующими координатами;
- из полученных схем и множеств кортежей отношений формируются реляционная модель данных  $R_D$ .

С помощью введенного  $\alpha$ -преобразования из многомерного представления темпоральной реляционной модели можно получать определенные состояния реляционной модели для последующей обработки стандартными конструкциями языка SQL. Это позволяет применять существующие в информационной системе запросы к РБД при переходе в многомерное пространство.

Оператор преобразования  $\beta$  получает из определенного множества координат точек многомерного пространства отношения, описывающие историю изменения кортежей соответствующего нетемпорального отношения  $\beta: C_M \rightarrow H_D$ . При этом выполняются следующие действия:

- определяются множества значений точек  $C_{h_i}$ , описывающих темпоральные отношения, содержащиеся в исходном множестве  $C_M$  ( $V_{C_M}$  — множество названий отношений, содержащихся в исходном множестве  $C_M$ );

- для каждого множества значений точек  $C_{h_i}$ , принадлежащих темпоральному отношению реляционной модели  $h_i$ , определяется схема. Она состоит из множества атрибутов  $S_{C_r}$  исходного отношения, содержащихся в множестве  $C_{h_i}$ . К ним добавляются два обязательных атрибута для отношения с темпоральными кортежами, которые являются его ключом: период  $t_p$  и идентификатор нетемпорального кортежа  $id_k$ .

Любая пара  $id_k$  и  $t_p$  пространства, для которой существуют значения в множестве  $C_{h_i}$ , преобразуется в темпоральный кортеж отношения  $h_i$ .

Из полученных схем и множеств темпоральных кортежей отношений формируется обобщенная темпоральная модель данных  $H_D$  на базе реляционной.

**Заключение.** На основе разработанной структуры миварного пространства для консолидации РБД, содержащих архив кадровой информации из предыдущих систем, предложена схема для использования существующих SQL-запросов к архиву кадровой информации. В результате возникла необходимость дополнить стандартные операторы SQL новыми, которые позволят выделять требуемые части многомерного пространства и преобразовывать их в соответствующие состояния реляционных отношений. Новые операторы включают в себя следующее:

- операции над координатами точек многомерных пространств для формирования подпространства, содержащего результат запроса. Эти операции не связаны с данными и, как следствие, с их структурами, что делает предложенный математический аппарат универсальным средством обработки изменяющихся баз данных;

- специальные операции для выделения разных состояний реляционных отношений из миварного пространства, что дает возможность обрабатывать темпоральные базы данных;



• операторы преобразования  $\alpha$  и  $\beta$ , которые позволяют динамически формировать реляционные отношения из выделенного подмножества точек миварного пространства, полученного в результате применения операций над их координатами.

Разработанные операции и операторы образуют язык запросов к миварному представлению РБД и позволяют работать с архивом кадровой информации из предыдущих БД.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тоноян С.А., Балдин А.В., Елисеев Д.В. Методика модернизации стандартных модулей типовой конфигурации на базе технологической платформы «1С: Предприятие 8» с минимальными доработками. *Наука и образование*, 2012, № 08. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/450231.html>. doi: 10.7463/0812.0450231 (дата обращения 15.03.2013).
- [2] Елисеев Д.В., Балдин А.В., Тоноян С.А. Анализ использования типовой конфигурации «1С: Зарплата и кадры бюджетного учреждения 8» в вузах России. *Сб. науч. тр. 12-го Междунар. науч.-практ. конф. «Формирование новой информационной среды образовательного учреждения с использованием технологий 1С»*. Т. 2. Москва, 1С-Паблишинг, 2012, С. 54–59.
- [3] Тоноян С.А., Тимофеев В.Б., Черненький С.В. Анализ и выбор конфигурации сети для финансово-экономической деятельности МГТУ им. Н.Э. Баумана на базе платформы «1С: Предприятие 8». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2012, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/asu/110.html>
- [4] Федоров И.Б., ред. *Информационная управляющая система МГТУ им. Н.Э. Баумана «Электронный университет»*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009, 376 с.
- [5] Балдин А.В., Елисеев Д.В., Агаян К.Г. Обзор способов построения темпоральных систем на основе реляционной базы данных. *Наука и образование*, 2012, № 08. DOI: 10.7463/0812.0441884. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/441884.html>
- [6] Черненький М.В., Мавзютов А.А. Метод реализации обучающих виртуальных трехмерных тренажеров. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2012, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/asu/104.html>
- [7] Варламов О.О. *Эволюционные базы данных и знаний для адаптивного синтеза интеллектуальных систем. Миварное информационное пространство*. Москва, Радио и связь, 2002, 286 с.
- [8] Елисеев Д.В. *Методика обработки темпоральной реляционной базы данных в миварном пространстве*. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2011, 149 с.
- [9] Григорьев Ю.А. Алгоритм синтеза частично оптимальной схемы реляционной базы данных. *Наука и образование*, 2012, № 1. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/294486.html>
- [10] Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. *1С: Предприятие 8.2*. Москва, 1С-Паблишинг; Санкт-Петербург, Питер, 2009, 613 с.
- [11] Виноградова М.В., Игушев Э.Г. Конструктор баз данных на основе сущностей и их реквизитов с возможностью нормализации. *Наука и образование*, 2012, № 1. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/242645.html>
- [12] Черненький В.М., Гапанюк Ю.Е., Мавзютов А.А. Разработка комплексных биомедицинских информационных систем на основе адаптивных объектов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2012, вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/biometric/96.html>

Статья поступила в редакцию 24.06.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Балдин А.В., Тоноян С.А., Елисеев Д.В. Язык запросов к миварному представлению реляционных баз данных, содержащих архив информации из предыдущих кадровых систем. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2013, вып. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/hidden/1053.html>

**Балдин Александр Викторович** — д-р техн. наук, директор Научно-образовательного центра «Электронный университет» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 90 научных работ в области информационных технологий. e-mail: [bal@bmstu.ru](mailto:bal@bmstu.ru)

**Тоноян Славик Анушаванович** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Системы обработки информации и управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 25 научных работ в области информационных технологий. e-mail: [tonoyansl@mail.ru](mailto:tonoyansl@mail.ru)

**Елисеев Дмитрий Владимирович** — канд. техн. наук, программист Научно-образовательного центра «Электронный университет» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 10 научных работ в области информационных технологий. e-mail: [d-eli@mail.ru](mailto:d-eli@mail.ru)