УДК 004.652

Основные компоненты универсальной модели данных

В. И. Есин

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина

Формулируется проблема создания стандартной модели данных. В качестве решения предлагается универсальная модель данных, которая позволяет представлять данные любой предметной области в стандартном (универсальном, общем) виде и дает возможность осуществлять простой переход к компьютерной реализации. Раскрывается формализованное представление структурной, манипуляционной и целостной компонент универсальной модели данных.

Ключевые слова: *модель данных, универсальная модель данных, отношение.*

Формулюється проблема створення стандартної моделі даних. Як рішення пропонується універсальна модель даних, яка дозволяє представляти дані будь-якої наочної області в стандартному (універсальному, загальному) вигляді і дає можливість здійснювати простий перехід до комп'ютерної реалізації. Розкривається формалізоване представлення структурної, маніпуляційної і цілісної компонент універсальній моделі даних.

Ключові слова: *модель даних, універсальна модель даних, відношення.*

The problem of creation of standard data model is formulated. Universal data model is proposed as a solution, which allows to present data of any subject domain in a standard (universal, general) kind and enables to carry out the simple passing to computer realization. Formalized presentation of structural, manipulation and integrity component of the universal data model is described.

Key words: *data model, universal data model, relation.*

1. Постановка задачи

Проблема создания стандартной модели данных интересует мировое сообщество баз данных давно [1]. Однако и по сегодняшний день она остается открытой и актуальной [2, 3]. В работах [4, 5] был предложен один из подходов ее решения. Он основывался на использовании универсальной модели данных (УМД), позволяющей представлять данные любой предметной области в стандартном (универсальном, общем) виде и дающей возможность осуществлять простой переход к компьютерной реализации. В этих же работах приводились математические основы, особенности и преимущества универсальной модели данных. Однако в них некоторые формализованные соотношения, представления о структуре, ограничениях целостности, связях между основными отношениями универсальной модели, важные для ее понимания и использования при создании баз данных, были раскрыты не достаточно подробно. Устраним этот недостаток.

2. Формализованное представление основных компонент универсальной модели данных

Определим (формализуем) универсальную модель данных в виде четверки следующего вида:

© Есин В. И., 2012

$$(\mathrm{Rel}(T), \Re, P, L), \quad (1)$$

где $\mathrm{Rel}(T)$ – реляционная модель данных над остовом [6] (бинарным отношением) $T \subseteq N \times V$, где N – счетное множество имен атрибутов, элементами которого являются имена всех атрибутов, входящих в отношения УМД, V – счетное множество значений, элементами которого являются значения всех этих атрибутов, причем $N \bigcap V = \varnothing$. Это условие удобно с точки зрения семантической интерпретации. Оно означает, что имена атрибутов отличны от всех используемых в модели значений;

$\Re$ – конечное множество имен отношений универсальной модели данных:

$$\Re = \{\mathrm{name}(M), \mathrm{name}(R), \mathrm{name}(C), \mathrm{name}(T), \mathrm{name}(O), \mathrm{name}(H), \mathrm{name}(Z_{01}), \mathrm{name}(Z_{02}), \mathrm{name}(D), \mathrm{name}(F), \mathrm{name}(I), \mathrm{name}(E), \mathrm{name}(B), \mathrm{name}(X), \mathrm{name}(Y), \mathrm{name}(P), \mathrm{name}(J), \mathrm{name}(K)\}, \quad (2)$$

где M, R, C, T, O, H, Z_{01}, Z_{02}, D, F, I, E, B, X, Y, P, J, K соответствующие отношения: предметных областей, разделов, классов типов, экземпляров, характеристик объектов, значений фактических и паспортных характеристик объектов, документов, папок документов, единиц измерений, классов, экземпляров, характеристик, значений характеристик событий, классов параметров, характеристик параметров и значений характеристик параметров объектов УМД [5];

P – предикат, определяющий допустимые состояния модели данных (в том числе и все ограничения целостности данных УМД);

L – язык манипулирования данными.

Такое представление УМД не противоречит современному определению модели данных, в котором выделяется три компоненты: структурная, манипуляционная и целостная. Оно полностью с ним согласуется.

Поэтому, опираясь на (1) и воспользовавшись полученными ранее [4] математическими выражениями, рассмотрим эти компоненты УМД более подробно.

Структура модели данных

Формализовано структура УМД определяется как множество возможных отображений $\chi: \Re \to \mathrm{Rel}(T)$, представляющих собой реляционные отношения универсальной модели данных, основу которых составляют математические отношения, приведенные в [4]. И в этом смысле структурная составляющая модели данных полностью согласовывается с математическим определением понятия модели как множества с заданными на нем отношениями. При этом полученные выражения реляционных отношений являются частью предиката P, который определяет допустимые состояния универсальной модели данных. Для полного определения предиката P потребуются еще выражения, описывающие целостность модели данных, которые будут приведены далее.

Собственно структурная схема УМД уже приводилась в [5], поэтому мы ее повторять не будем.

А вот схемы связей основных отношений УМД, раскрывающих различные ее составляющие, рассмотрим. На рис. 1 приведена схема связей основных отношений УМД, раскрывающая составляющую "*Объекты*" структурной

схемы. На ней показаны связи и идентификация элементов системы, характерная для реляционных моделей (идентификация внутри отношения).

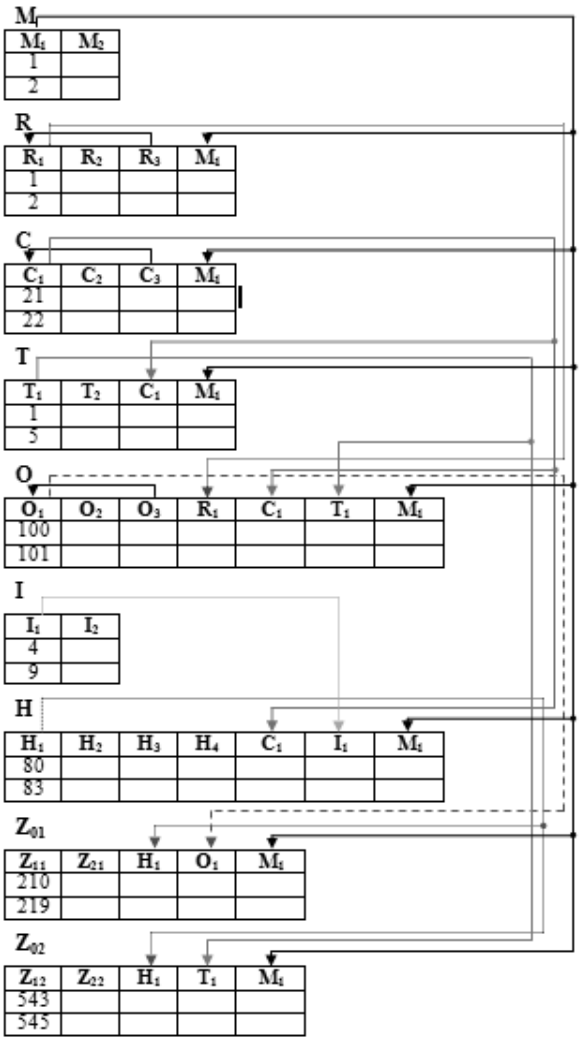

Рис. 1. Схема связей основных отношений, раскрывающая составляющую "Объекты" структурной схемы УМД

Схема связей основных отношений УМД, раскрывающая составляющую "*События*" структурной схемы приведена на рис. 2.

Схема связей основных отношений УМД, раскрывающая составляющую "*Параметры*" структурной схемы приведена на рис. 3.

Такая структура УМД позволяет осуществлять объектное представление предметной области в рамках реляционной модели. И это ее существенное преимущество, перед обычными традиционными реляционными моделями.

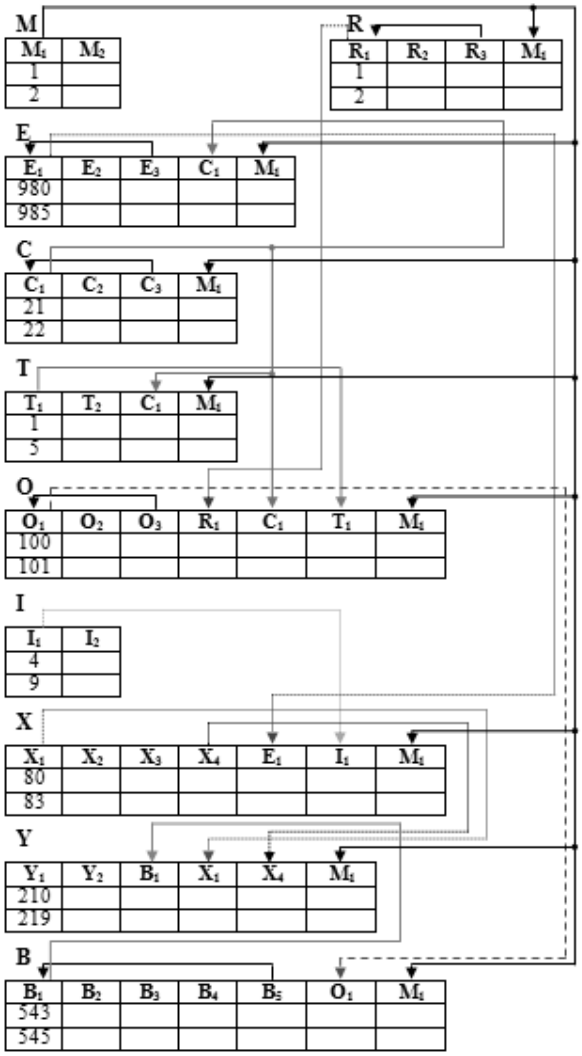

Рис. 2. Схема связей основных отношений, раскрывающая составляющую «События» структурной схемы УМД

Известно [7], что любой объект можно представить набором кортежей различных отношений. Но сделать это можно по-разному. Если в традиционных реляционных моделях это делается, как правило, следующим образом. Пусть имеется *i*-й объект, характеризующий в реальной действительности заказ при покупке товара. При этом под объектом можно понимать как тип объекта (сущность), так и конкретный его экземпляр. В первом случае речь будет идти обо всем отношении, например, «Заказ». Во втором – о конкретном экземпляре этого отношения.

В первом случае, чтобы характеризовать тип объекта «Заказ», его надо связать с другими отношениями, например, «Накладные», «Товар», «Параметры заказа», «Менеджеры» и т. д., которые более подробно раскрывают сущность «Заказ». Это делается посредством механизма внешних ключей.

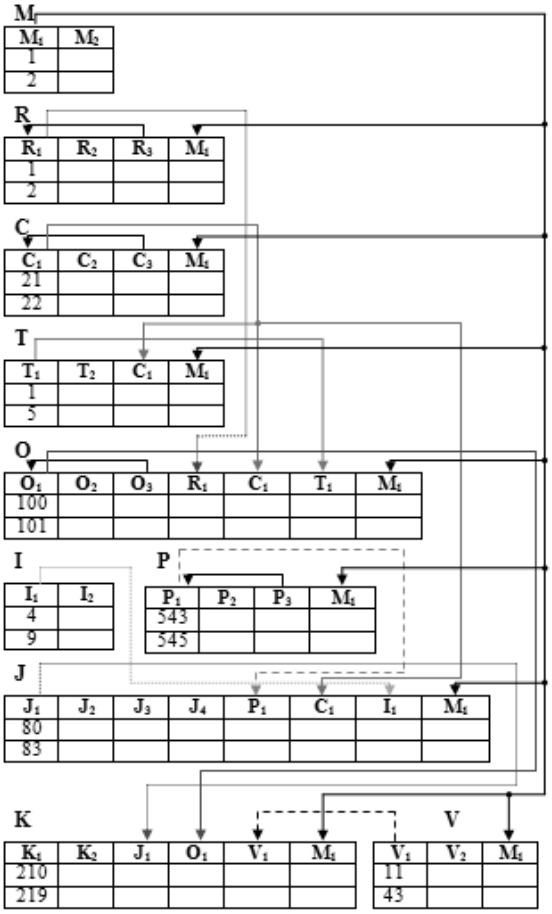

Рис. 3. Схема связей основных отношений, раскрывающая составляющую «Параметры» структурной схемы УМД

Во втором случае характеристикой экземпляра отношения «Заказ» будут являться наборы определенных кортежей отношений «Накладные», «Товар», «Параметры заказа», «Менеджеры» и т. д., полученные для конкретного экземпляра заказа посредством опять же механизма внешних ключей. То есть в каждом отношении каждому *i*-му объекту будут соответствовать один или несколько кортежей.

То в УМД это делается несколько иначе.

В УМД рассматриваемая ПрО описывается не с помощью сущностей-отношений «Заказ», «Накладные», «Товар», «Параметры заказа», «Менеджеры» и т. д., в которые помещаются конкретные экземпляры, а с помощью тех стандартных для любой ПрО отношений (2). А именно, в соответствующие отношения классов объектов (*C*), типов объектов (*T*), экземпляров объектов (*O*), характеристик объектов (*H*) и т. д. помещаются свои экземпляры. Например, если мы хотим поддерживать классы объектов «Заказ», «Накладные», «Товар», «Менеджеры», то в таблицу классов объектов (*C*) необходимо занести эти имена

в качестве ее экземпляров, а в таблицу экземпляров объектов (*O*) занести экземпляры объектов этих классов. Опять же, например, в качестве экземпляра объектов классов «Заказ», «Накладные» в таблицу экземпляров объектов (*O*) для каждого соответствующего класса занесем их номера, а в качестве экземпляра объектов классов «Товар», «Менеджеры» в таблицу экземпляров объектов (*O*) для каждого соответствующего класса занесем их имена. В таблицу типов объектов (*T*) занесем типы объектов соответствующего класса, в таблицу характеристик объектов (*H*) – соответствующие характеристики этих классов объектов (в том числе и характеристики «Параметров заказа»).

Таким образом, *i-й* класс будет характеризоваться соответствующими кортежами таблиц *O*, *T*, *H*, а *j-й* экземпляр объекта, например, этого же класса будет характеризоваться соответствующими кортежами таблиц *H*, *Z*, *D*, *B*. Хотя вышеназванные отношения «Заказ», «Накладные», «Товар», «Параметры заказа», «Менеджеры» и т. д. можно представить с помощью иных метаонтологий модели «объект-событие» и соответствующих им записей в отношениях УМД в зависимости от рассматриваемой ПрО и важности той или иной сущности.

Целостность данных

Поскольку универсальную модель данных предполагается реализовывать в рамках реляционной модели, то ей также как и реляционной модели данных будут присущи основные реляционные ограничения целостности. А именно, целостность сущностей и ссылочная целостность.

Целостность сущностей заключается в том, что в базовом отношении ни один атрибут первичного ключа не может содержать отсутствующих значений, обозначаемых как NULL (см. рис. 1, 2, 3). То есть в основных отношениях УМД множества соответствующих условных идентификаторов (раздела, класса объектов, типа объектов, экземпляра объектов, класса событий, экземпляра событий, класса параметров объектов и т. д.), и соответствующих этим идентификаторам атрибутов, не могут содержать неопределенных значений NULL.

Ссылочная целостность заключается в том, что если в отношении существует внешний ключ, то значение внешнего ключа должно, либо соответствовать значению потенциального ключа некоторого кортежа в его базовом отношении, либо внешний ключ должен полностью состоять из NULL.

Но прежде чем приступать к более подробному рассмотрению вопроса, связанного со ссылочной целостностью УМД, введем некоторые формализованные правила и обозначения.

Через операцию `ADR(X)` (где `X` – элемент системы) обозначим величину необходимую для однозначной идентификации элемента `X`, а через операцию `IS(X)` – возвращаемый тип элемента `X`. Пусть для однозначной идентификации кортежа *X* любого из рассматриваемых отношений УМД операция `ADR(X)` возвращает выражение вида `(A,K)`, которое звучит как «Ключ `K` кортежа `X` отношения `A`, где `A=IS(X)`». На этом определении основывается понятие внешнего ключа, который может быть назван реляционным аналогом ссылок и указателей объектных систем. Определение подобного рода позволяет ввести в реляционные системы механизм поддержки ссылочной целостности не

позволяющий присвоить ссылке (внешнему ключу) значение, выходящее из области значений первичного ключа соответствующего отношения.

В то же время, если рассмотреть пару (A,K) подробнее, то можно сказать, что $(A_i,K_i)\neq(A_j,K_j)$ при $X_i\neq X_j$, поскольку она описывает результат операции ADR(X), однозначно идентифицирующей кортеж X внутри системы. Хотя отдельные части описываемой пары данное условие не поддерживают и возможен случай, когда $K_i=K_j$ при $X_i\neq X_j$, как видно из рисунка 1 (столбцы таблиц с первым атрибутом). Однако следует заметить, что в реляционных системах невозможно однозначное сравнение между K_i и K_j поскольку в них могут существовать такие K_i и K_j, что $IS(K_i)\neq IS(K_j)$ (поле или поля первичного (внешнего) ключа разных отношений могут иметь разный тип).

Теперь можно приступать к рассмотрению механизма реализации ссылочной целостности в универсальной модели данных.

Имеется отношение экземпляров объектов – *O*, которое связано с отношениями (рис. 1): типов объектов (*T*), классов объектов (*C*), разделов (*R*), предметных областей (*M*). И чтобы все эти отношения находились в непротиворечивом состоянии в УМД, значение атрибута $t_i\in T_1$ *i*-го экземпляра объектов отношения *O* соответствует одному из значений атрибута идентификатора типа объекта (T_1) отношения *T;* значение атрибута $c_i\in C_1$ *i*-го экземпляра объектов отношения *O* соответствует одному из значений атрибута идентификатора класса объектов (C_1) отношения *C*; значение атрибута $r_i\in R_1$ *i*-го экземпляра объектов отношения *O* соответствует одному из значений атрибута идентификатора раздела (R_1) отношения *R* и значение атрибута $m_i\in M_1$ *i*-го экземпляра объектов отношения *O* соответствует одному из значений атрибута идентификатора предметной области (M_1) отношения *M*. То есть, исходя из рассмотренной операции ADR(X), механизм реализации ссылочной целостности можно формально представить следующим образом:

$$\begin{cases} (\mathrm{O},\mathrm{T}_{1_i})=(\mathrm{T},\mathrm{T}_{1_j}); \\ (\mathrm{O},\mathrm{C}_{1_i})=(\mathrm{C},\mathrm{C}_{1_j}); \\ (\mathrm{O},\mathrm{R}_{1_i})=(\mathrm{R},\mathrm{R}_{1_j}); \\ (\mathrm{O},\mathrm{M}_{1_i})=(\mathrm{M},\mathrm{M}_{1_j}). \end{cases} \qquad (3)$$

Отношение экземпляров событий (*B*) связано с отношениями: классов событий (*E*), экземпляров объектов (*O*), предметных областей (*M*). И чтобы все эти отношения также находились в непротиворечивом состоянии, осуществляется поддержка ссылочной целостности. А именно: значение атрибута $b_{2i}\in B_2\subseteq E_1$ *i*-го экземпляра события отношения *B* соответствует одному из значений атрибута идентификатора класса события (E_1) отношения *E;* значение атрибута $o_i\in O_1$ *i*-го экземпляра события отношения *B* соответствует одному из значений атрибута идентификатора экземпляра объекта (O_1) отношения *O* и значение атрибута $m_i\in M_1$ *i*-го экземпляра события отношения *B* соответствует одному из значений атрибута идентификатора предметной области (M_1) отношения *M*. То есть:

$$\begin{cases} (B, B_{2_i}) = (E, E_{1_j}); \\ (B, O_{1_i}) = (O, O_{1_j}); \\ (B, M_{1_i}) = (M, M_{1_j}). \end{cases} \quad (4)$$

И так далее для остальных отношений УМД.

Так как универсальная модель данных основывается также и на семантической модели «объект-событие» [8], уникальная идентификация объектов в которой достигается иерархическим именем этих объектов в пределах рассматриваемой предметной области, то в УМД должна поддерживаться такая же стратегия обеспечения целостности сущностей. При этом, поддерживая в УМД целостность сущностей, в ней одновременно обеспечивается и ссылочная целостность, так как для каждой ссылки в отношениях УМД существует значение атрибута, на которое она указывает. Формально высказывание, касающееся поддержки иерархического имени и ссылочной целостности в УМД, на языке логики предикатов, например, для экземпляра объекта, можно представить следующим образом:

$$\{O_1^0, O_3^3, ..., O_1^{i-j}, O_3^{i-j+1}, ..., O_1^{i-3}, O_3^{i-2}, O_1^{i-2}, O_3^{i-1}, O_1^{i-1}, O_3^i, O_1^i \mid (O, O_1^i) \& \\ \& ((O, O_1^{i-1}) = (O, O_3^i)) \& ((O, O_1^{i-2}) = (O, O_3^{i-1})) \& ((O, O_1^{i-3}) = (O, O_3^{i-2})) \& ... \quad (5) \\ \& ((O, O_1^{i-j}) = (O, O_3^{i-j+1})) \& ... \& ((O, O_1^0) = (O, O_3^1) \& (O_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i,$$

где *i* – это уровень вложенности иерархии имени;

O_1^i – значение поля первичного ключа *i*-го уровня вложенности иерархии имени, которое находится в одном из кортежей отношения *O*;

O_3^i – значение поля внешнего ключа *i*-го уровня вложенности иерархии имени, которое находится в одном из кортежей отношения *O*;

выражение $O_3^0 = \text{null}$ означает, что значение поля внешнего ключа нулевого уровня («без владельца» – высший уровень) вложенности иерархии имени, которое находится в одном из кортежей отношения O, есть null (не имеет значения).

Аналогичные выражения (только с учетом того, что переменные *i*, *j*, *k*, *N* будут принимать значения соответствующие уровню вложенности иерархии имени рассматриваемого отношения) можно привести для разделов, классов объектов, событий, параметров объектов, папок документов.

Для разделов:

$$\{R_1^0, R_3^3, ..., R_1^{i-j}, R_3^{i-j+1}, ..., R_1^{i-3}, R_3^{i-2}, R_1^{i-2}, R_3^{i-1}, R_1^{i-1}, R_3^i, R_1^i \mid (R, R_1^i) \& \\ \& ((R, R_1^{i-1}) = (R, R_3^i)) \& ((R, R_1^{i-2}) = (R, R_3^{i-1})) \& ((R, R_1^{i-3}) = (R, R_3^{i-2})) \& ... \quad (6) \\ \& ((R, R_1^{i-j}) = (R, R_3^{i-j+1})) \& ... \& ((R, R_1^0) = (R, R_3^1) \& (R_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Для классов объектов:

$$\{C_1^0, C_3^3, ..., C_1^{i-j}, C_3^{i-j+1}, ..., C_1^{i-3}, C_3^{i-2}, C_1^{i-2}, C_3^{i-1}, C_1^{i-1}, C_3^i, C_1^i \mid (C, C_1^i) \& \\ \& ((C, C_1^{i-1}) = (C, C_3^i)) \& ((C, C_1^{i-2}) = (C, C_3^{i-1})) \& ((C, C_1^{i-3}) = (C, C_3^{i-2})) \& ... \quad (7) \\ \& ((C, C_1^{i-j}) = (C, C_3^{i-j+1})) \& ... \& ((C, C_1^0) = (C, C_3^1) \& (C_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Для классов событий:

$$\{E_1^0, E_3^3, ..., E_1^{i-j}, E_3^{i-j+1}, ..., E_1^{i-3}, E_3^{i-2}, E_1^{i-2}, E_3^{i-1}, E_1^{i-1}, E_3^i, E_1^i \mid (E, E_1^i) \&$$
$$\& ((E, E_1^{i-1}) = (E, E_3^i)) \& ((E, E_1^{i-2}) = (E, E_3^{i-1})) \& ((E, E_1^{i-3}) = (E, E_3^{i-2})) \& ... \quad (8)$$
$$\& ((E, E_1^{i-j}) = (E, E_3^{i-j+1})) \& ... \& ((E, E_1^0) = (E, E_3^1) \& (E_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Для экземпляров событий:

$$\{B_1^0, B_3^3, ..., B_1^{i-j}, B_3^{i-j+1}, ..., B_1^{i-3}, B_3^{i-2}, B_1^{i-2}, B_3^{i-1}, B_1^{i-1}, B_3^i, B_1^i \mid (B, B_1^i) \&$$
$$\& ((B, B_1^{i-1}) = (B, B_3^i)) \& ((B, B_1^{i-2}) = (B, B_3^{i-1})) \& ((B, B_1^{i-3}) = (B, B_3^{i-2})) \& ... \quad (9)$$
$$\& ((B, B_1^{i-j}) = (B, B_3^{i-j+1})) \& ... \& ((B, B_1^0) = (B, B_3^1) \& (B_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Для классов параметров объектов:

$$\{P_1^0, P_3^3, ..., P_1^{i-j}, P_3^{i-j+1}, ..., P_1^{i-3}, P_3^{i-2}, P_1^{i-2}, P_3^{i-1}, P_1^{i-1}, P_3^i, P_1^i \mid (P, P_1^i) \&$$
$$\& ((P, P_1^{i-1}) = (P, P_3^i)) \& ((P, P_1^{i-2}) = (P, P_3^{i-1})) \& ((P, P_1^{i-3}) = (P, P_3^{i-2})) \& ... \quad (10)$$
$$\& ((P, P_1^{i-j}) = (P, P_3^{i-j+1})) \& ... \& ((P, P_1^0) = (P, P_3^1) \& (P_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Для папок документов:

$$\{F_1^0, F_3^3, ..., F_1^{i-j}, F_3^{i-j+1}, ..., F_1^{i-3}, F_3^{i-2}, F_1^{i-2}, F_3^{i-1}, F_1^{i-1}, F_3^i, F_1^i \mid (F, F_1^i) \&$$
$$\& ((F, F_1^{i-1}) = (F, F_3^i)) \& ((F, F_1^{i-2}) = (F, F_3^{i-1})) \& ((F, F_1^{i-3}) = (F, F_3^{i-2})) \& ... \quad (11)$$
$$\& ((F, F_1^{i-j}) = (F, F_3^{i-j+1})) \& ... \& ((F, F_1^0) = (F, F_3^1) \& (F_3^0 = \text{null}))\}, \ i=1..N, \ j < i.$$

Кроме того, поскольку каждый атрибут (элемент кортежа) отношения УМД связан с некоторым множеством (доменом), то для множества допустимых значений каждого атрибута отношения можно говорить о так называемых ограничениях домена, которые можно сформулировать в виде:

- ограничений на допустимые перечисляемые (списочные) значения доменов характеристик объектов, событий, параметров объектов:
  - ✓ домен типов данных УМД: *dom*($D_{УМД}$)={*boolean, char, number, date*};
  - ✓ домен признаков характеристик экземпляров объектов: *dom*(H_4)={*dom*(¥$_1$), *dom*(¥$_2$)}, где *dom*(¥$_1$)={*'Y', 'N'*} – домен признаков принадлежности к списочным характеристикам; *dom*(¥$_2$)={*'F', 'P'*} – домен признаков принадлежности к паспортным или фактическим характеристикам;
  - ✓ домен признаков характеристик параметров объектов: *dom*(J_4)={*dom*(¥$_1$), *dom*(ª$_1$)}, где *dom*(ª$_1$)={*'H', 'D', 'M', 'Q', 'Y'*} – домен признаков интервала измерения параметра объекта: *'H'* –час, *'D'*– день (сутки), *'M'* – месяц, *'Q'* – квартал, *'Y'* – год);
- ограничений на единицы измерений, рассматриваемых характеристик объектов, событий, параметров объектов: *dom*(I_1).

В универсальной модели данных поддерживается ограничения и на события: с одним экземпляром объекта в один и то же момент (интервал) времени может происходить только одно событие одного класса [5].

Таким образом, формульные соотношения, приведенные в [4, 5], а также выражения (1)…(11) и домены ограничений определяют допустимые состояния универсальной модели данных и образуют предикат P в выражении (1).

Средством манипулирования данными в УМД (элемент L в четверке (1)) является специальный непроцедурный (декларативный) язык модели данных

(ЯМД) [9]. Данный язык позволяет определять и манипулировать данными в терминологии близкой к естественному языку, понятной и специалистам информационных технологий, и специалистам предметных областей моделируемых информационных систем, и простым пользователям этих систем.

3. Выводы

1. С точки зрения структурной составляющей определения модели данных, универсальная модель данных – это набор стандартных реляционных отношений, полученных в результате формализации метаонтологий модели «объект-событие» (как множество возможных отображений $\chi: \Re \to \mathrm{Rel}(T)$), который используется при описании данных любой предметной области и связей между ними. В УМД данные любой ПрО описываются не с помощью определенных сущностей-отношений, в которые помещаются конкретные экземпляры рассматриваемой ПрО, как это делается, например, в реляционной модели, а с помощью набора имеющихся стандартных отношений и размещения в них соответствующих экземпляров. При этом структура УМД позволяет осуществлять объектное представление предметной области, что ее выгодно отличает от традиционных реляционных моделей данных.

2. Целостность сущностей и ссылочная целостность достигается в УМД как средствами присущими реляционным моделям, так и благодаря поддержке в ней стратегии уникальной идентификации объектов, используемой в семантической модели данных «объект-событие» (достигается уникальностью иерархического имени объекта в пределах рассматриваемой предметной области).

3. Универсальная модель данных, являясь моделью логического уровня (представляет собой отображение логических связей между элементами данных безотносительно к физической среде хранения), способствует упрощению представления инфологической модели в компьютерной среде. Универсальная модель данных – это инструмент моделирования любой предметной области, который легко реализуется в рамках реляционной модели данных и может быть использован для построения модели базы данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов С. Д. Будущие направления исследований в области баз данных: десять лет спустя, 1999 [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.citforum.ru/database/articles/future_01.shtml
2. Вязилов Е.Д. Унификация структур данных в области изучения, освоения и использования ресурсов Мирового океана. 10-ая Всероссийская научная конференция ["Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции"], (Дубна, Россия, 2008) [Электронный ресурс] / Е.Д. Вязилов, А.А. Федорцов, А.Е. Кобелев – режим доступа: http://rcdl2008.jinr.ru/presentation/conf_hall/08_10_2008/Vyazilov.ppt
3. Вязилов Е. Д. Универсальная модель хранения данных с учетом жизненного цикла объектов. Шестая всероссийская открытая ежегодная конференция ["Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса"], (Москва, ИКИ РАН, 10-14 ноября 2008 г. Сборник тезисов

конференции) [Электронный ресурс] / Е.Д. Вязилов, А.А. Федорцов – режим доступа: http://d902.iki.rssi.ru/theses-cgi/thesis.pl?id=1197

4. Есин В. И. Универсальная модель данных и ее математические основы / В. И. Есин // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил, 2011. – № 2(92) – С. 21-24.
5. Есин В. И. Универсальная модель данных и ее отличительные особенности / В. И. Есин // Вісник Харківського національного університету. – Х.: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2011. – № 960. – С. 141-147 – (Серія: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління" ; вип. 16).
6. Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных / М. Ш. Цаленко. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1989. – 288с.
7. Григорьев Е. Представления идентифицируемых сложных объектов в реляционной базе данных [Электронный ресурс] / Е. Григорьев. – Режим доступа: http://www.osp.ru/os/2000/01-02/178205
8. Есин В. И. Семантическая модель данных «объект-событие» / В. И. Есин // Вісник Харківського національного університету. – Х.: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2010. – № 925. – С. 65-73 – (Серія: "Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління" ; вип. 14).
9. Есин В. И. Язык для универсальной модели данных / В. И. Есин, М. В. Есина // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил, 2011. – № 5(95) – С.193-197.

Надійшла у першій редакції 18.01.2012, в останній – 06.02.2012.