

**ВЕСТНИК
ТОМСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

**УПРАВЛЕНИЕ,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА**

TOMSK STATE UNIVERSITY
JOURNAL OF CONTROL AND COMPUTER SCIENCE

Научный журнал

2012

№ 4(21)

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77-29497
от 27 сентября 2007 г.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ВЕСТНИК ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА.
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА»**

Горцев А.М., д-р техн. наук, проф. (председатель); Смагин В.И., д-р техн. наук, проф. (зам. председателя); Лопухова С.В., канд. физ.-мат. наук, доц. (отв. секретарь); Агибалов Г.П., д-р техн. наук, проф.; Дмитриев Ю.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.; Домбровский В.В., д-р техн. наук, проф.; Змеев О.А., д-р физ.-мат. наук, проф.; Евтушенко Н.В., д-р техн. наук, проф.; Конев В.В., д-р физ.-мат. наук, проф.; Костюк Ю.Л., д-р техн. наук, проф.; Кошкин Г.М., д-р физ.-мат. наук, проф.; Матросова А.Ю., д-р техн. наук, проф.; Назаров А.А., д-р техн. наук, проф.; Параев Ю.И., д-р техн. наук, проф.; Поддубный В.В., д-р техн. наук, проф.; Сущенко С.П., д-р техн. наук, проф.; Тарасенко Ф.П., д-р техн. наук, проф.; Enzo Orsingher, Prof., University of Rome (Italy); Paolo Prinetto, Prof., Polytechnic Institute Turine (Italy); Yervant Zorian, PhD, Vice President & Chief Scientist, Virage Logic Corp., Fremont, CA (USA).

Научный журнал «Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика» был выделен в самостоятельное периодическое издание из общенаучного журнала «Вестник Томского государственного университета» в 2007 г. Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-29497 от 27 сентября 2007 г.), ему присвоен международный стандартный номер сериального издания (ISSN 1998-8605). С 2010 г. журнал входит в Перечень ВАК. Журнал выходит ежеквартально и распространяется по подписке, его подписной индекс 44031 в объединённом каталоге «Пресса России».

В журнале «Вестник ТГУ. УВТиИ» публикуются результаты теоретических и прикладных исследований вузов, научно-исследовательских, проектных и производственных организаций в области управления, вычислительной техники и информатики в технических, экономических и социальных системах.

Тематика публикаций журнала:

- УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ
- ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ
- ДИСКРЕТНЫЕ ФУНКЦИИ И АВТОМАТЫ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Правила оформления статей приведены на сайте: <http://vestnik.tsu.ru/informatics/>

Адрес редакции:

634050, г. Томск, пр. Ленина, д.36, корп. 2, к. 201

Электронный адрес: <http://vestnik.tsu.ru>

Контактный тел./факс: (3822) 529-599

E-mail: vestnik_uvti@mail.tsu.ru

ООО «Издательство научно-технической литературы»

634050, Томск, пл. Новособорная, 1, тел. (3822) 533-335

Редактор Т.С. Портнова

Верстка Д.В. Фортеса

Изд. лиц. ИД № 04000 от 12.02.2001. Подписано к печати 10.09.2012.
Формат 70 × 100 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».
Усл. п. л. 11,77. Уч.-изд. л. 13,18. Тираж 300 экз. Заказ № 43.

ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

УДК 004.652.8

А.М. Бабанов

БАЗОВЫЕ И ПРОИЗВОДНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ПОНЯТИЯ ERM-МОДЕЛИ ДАННЫХ И ИЗОМОРФНОЕ ОТНОШЕНИЕ МЕЖДУ НИМИ

Обсуждается важная особенность семантической модели данных «Сущность – Связь – Отображение»: наличие в ней двух альтернативных совокупностей структурных понятий – базовых и производных. Поясняется целесообразность их совместного использования при проектировании схемы БД, предлагаются правила их взаимного преобразования и показывается, что между этими двумя системами понятий существует изоморфное отношение.

Ключевые слова: *семантическая модель данных, ERM-модель, структурные понятия модели, базовые и производные понятия, редукция, специализация, изоморфизм.*

Первоначальным своим названием модель «Сущность – Связь – Отображение» или сокращенно ERM-модель (от английского «Entity – Relationship – Mapping») [1] обязана двум базовым понятиям модели – «объект» и «отображение». Раньше она так и называлась: «Объект – Отображение» [2]. Эти же понятия были положены в основу теории семантически значимых отображений (ТСЗО) [3]. Позднее для удобства проектирования БД с использованием этой модели в нее были добавлены традиционные понятия ER-модели Чена [4] как производные от базовых понятий и была образована ERM-модель в своем нынешнем виде [5]. Каждая из групп структурных понятий – базовая и производная, играет свою роль в процессе проектирования – первая обеспечивает выразительную мощь и математическую обоснованность модели, вторая облегчает понимание модели человеком.

Для использования обеих групп структурных понятий взаимодополняющим образом предложены правила преобразования ERM-схем с языка производных понятий на язык базовых понятий и наоборот. Они позволяют осуществлять взаимно-однозначные преобразования схемы, необходимые для пополнения схемы, проверки ее на непротиворечивость и трансформации в СУБД-ориентированные модели, служащие в качестве целевых моделей процесса проектирования БД. Таким образом, показано, что между этими двумя системами понятий существует изоморфное отношение.

1. Структурные понятия ERM-модели

В [2] сформулированы семантические концепции ERM-моделирования, на их основе получены базовые понятия модели и синтезированы производные понятия, делающие эту модель потомком ER-модели Чена [4].

Основные базовые понятия ERM-модели – объект, класс и отображение, обеспечивают большую часть выразительной мощи модели. Неудивительно, что именно эти понятия представлены в синтаксисе и аксиоматике формальной системы ТСЗО [6–8], являющейся математической основой ERM-модели. Однако человек не всегда использует этот весьма абстрактный уровень мышления. Для простоты работы со схемой выделяются частные виды объектов, классов и отображений, образующие множество производных понятий модели.

Объекты, мыслимые в высказываниях о предметной области (ПрО) как предметы, представляют собой **сущности**, а классы таких объектов есть не что иное, как **множества сущностей**. Идеальные объекты, такие, как числа, даты, строки символов, являются **значениями**. Они не обладают свойствами, характеристиками и не вступают в отношения с другими объектами, кроме того, что являются значениями характеристик объектов. Их объединяют во **множества значений** по синтаксическим особенностям. Объекты, подпадающие под конкретные понятия об n -ках предметов, представляют собой **связи**, а классы объектов, составляющих объемы таких понятий, есть не что иное, как **множества связей**. Каждый объект в n -ке связи играет определенную **роль**, характеризующую его функцию в этой связи.

Отображения, определяемые множествами связей, которые в качестве областей определения и значений имеют одиночные множества сущностей или их Декартовы произведения, называются **реляционными**. Роли объектов-прообразов и объектов-образов этих отображений такие же, как и роли сущностей в связях. Общее количество реляционных отображений, определяемых одним множеством связей степени n , равно $2^n - 2$. Как видим, множества связей являются своеобразными агрегатами реляционных отображений.

Отображение, ставящее в соответствие объекту истинное значение, называется отображением-свойством. Если в качестве области значений в отображении используется произвольное множество значений, такое отображение будем называть отображением-характеристикой. Отображения-свойства представляют собой частный случай отображений-характеристик. Отображения-характеристики являются не чем иным, как **атрибутными** отображениями, или просто атрибутами.

Таким образом, нам удалось связать основные базовые понятия ERM-модели со структурными понятиями модели «Сущность – Связь» [4]. Все вместе они составляют понятийный базис ERM-модели. Отметим, что понятие «объект» является обобщением понятий «сущность», «связь» и «значение». Соответственно понятие «класс» является обобщением понятий «множество сущностей», «множество связей» и «множество значений». А понятия «реляционное отображение» и «атрибутное отображение» – суть специальные виды отображений. Очевидно, в отличие от первых двух последняя специализация неполна.

Следует отметить, что наряду с основными структурными базовыми понятиями – класс и отображение, для более полного выражения семантики ПрО используются дополнительные базовые понятия – специализация и категоризация, роли объектов-прообразов и объектов-образов в экземплярах отображений, а также операции и отношения (принадлежности и равенства – для классов, следствия и эквивалентности – для отображений), определенные на множествах классов и отображений.

На рис. 1 представлена полная метасхема ERM-модели. Серым цветом показаны базовые концепции, белым – производные.

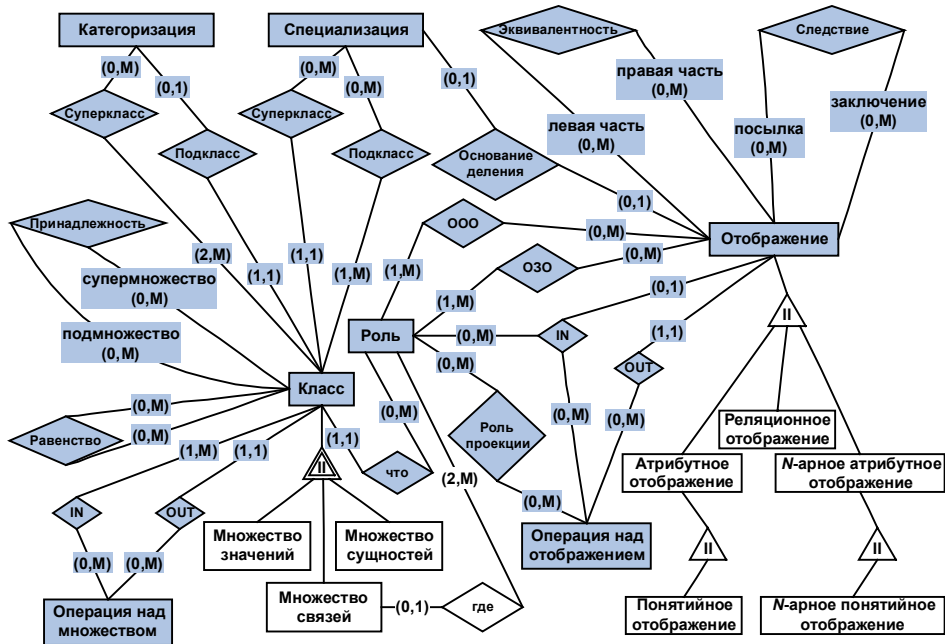


Рис. 1. Метасхема ERM-модели

Можно по праву утверждать, что ERM-модель является преемницей ER-модели Чена, поскольку ее язык сохраняет все структурные понятия последней – множество сущностей, множество связей, роль, атрибут, множество значений, а также возможности задания ограничений целостности. Это хорошо видно на метасхеме.

2. Назначение базовых и производных понятий

Предлагаемый подход к выбору структурных понятий модели (абстрактных базовых и более простых производных) позволяет человеку при формализации ПрО оперировать в основном знакомыми понятиями (сущность, связь), прибегая к использованию новых форм (отображение) лишь в случае недостаточной выразительности первых. В некоторых случаях (как в нашем последующем далее примере) понятия «класс» и «отображение» можно не использовать вовсе. Привычные понятия ER-модели обеспечивают более понятные человеку формы восприятия данных.

Как уже отмечалось, базовые понятия ERM-модели обеспечивают ее возросшие по сравнению с ER-моделью Чена выразительные возможности. Именно на уровне базовых понятий с использованием отображений, операций над ними и отношений между ними можно выражать новые классы законов моделируемого мира в виде ограничений целостности ERM-схемы.

Как было показано ранее, обе системы структурных понятий (понятия ER-модели и базовые понятия ERM-модели) не являются независимыми, их связывают отношения обобщения, т.е. понятия ER-модели являются специализациями базовых понятий ERM-модели. По мере надобности проектировщик вправе использовать подходящие структурные понятия обеих групп.

Подобные особенности языка ERM-модели, ориентированные на удобства для проектировщика, неизбежно влекут за собой возможность синонимии. Существование синонимичных элементов в схеме может привести к ее некорректности в случае задания противоречивых свойств у элементов-синонимов. ТСЗО обеспечивает соответствующие проверки на непротиворечивость схем.

Также эта теория предоставляет правила для автоматической редукции схемы, предусматривающие построение соответствующих базовых элементов (классов, отображений) из явно указанных человеком производных элементов (множеств сущностей, множеств связей, атрибутов). Базовые понятия ERM-модели фигурируют в правилах проверки схемы на непротиворечивость и правилах трансформации схемы в СУБД-ориентированную модель данных.

Правила обратного преобразования схемы с языка базовых понятий на язык понятий ER-модели позволяют приблизить формальное описание ПрО к неподготовленному пользователю, в том числе автоматически сгенерировать описание схемы на структурированном естественном языке. Построенная с их помощью ER-схема может также использоваться в CASE-системах, поддерживающих эту модель.

3. Редукция производных понятий до базовых

Задача редукции ERM-схемы ставится в том случае, когда она задана с использованием производных структурных понятий (хотя не обязательно только их) и необходимо получить эквивалентную ей ERM-схему, в которой все структуры и ограничения целостности определены только на уровне базовых понятий. Близка к задаче редукции задача пополнения ERM-схемы базовыми структурами и ограничениями, которая решается объединением исходной схемы и результирующей схемы процедуры редукции. Ограничение на объем статьи не позволяет осветить при этом оба аспекта схемы – структуры и ограничения целостности. Для начала ограничимся только преобразованиями структурного компонента. Правила преобразований ограничений целостности будут предметом другой статьи.

Для простоты рассмотрим случай, когда в исходной схеме вообще не используются базовые понятия и она представляет собой ER-диаграмму в нотации Чена (рис. 2), расширенной понятием специализации.

Если к этой ER-диаграмме добавить однозначные атрибуты множества сущностей ЧЕЛОВЕК (ФИО CHARACTER(50), ПОЛ CHARACTER(10)) и однозначный атрибут множества связей БРАК (ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА DATE), мы получим исходную ER-схему этой ПрО.

Для начала отметим, что все классы, роли реляционных и атрибутных отображений и сами атрибутные отображения уже имеются в ERM-схеме.

Действительно, при создании в схеме множеств сущностей ЧЕЛОВЕК, ЖЕНЩИНА, МУЖЧИНА, МАТЬ и ОТЕЦ мы по законам специализации (смотри рис. 1) создали их обобщающие классы. Аналогично, только для множеств связей РОЖДЕНИЕ, РОДИТЕЛЬ-РЕБЕНОК и БРАК также были созданы свои классы. И, наконец, множествам значений CHARACTER(50), CHARACTER(10) и DATE поставлены в соответствие свои классы.

Для каждой роли сущностей в связях (Мать, Ребенок, Отец для множества связей РОЖДЕНИЕ, Родитель, Ребенок для множества связей РОДИТЕЛЬ-РЕБЕНОК и Жена, Муж для множества связей БРАК) в ERM-схеме определены цепочки структурных элементов вида «множество сущностей – класс – роль – множество связей».

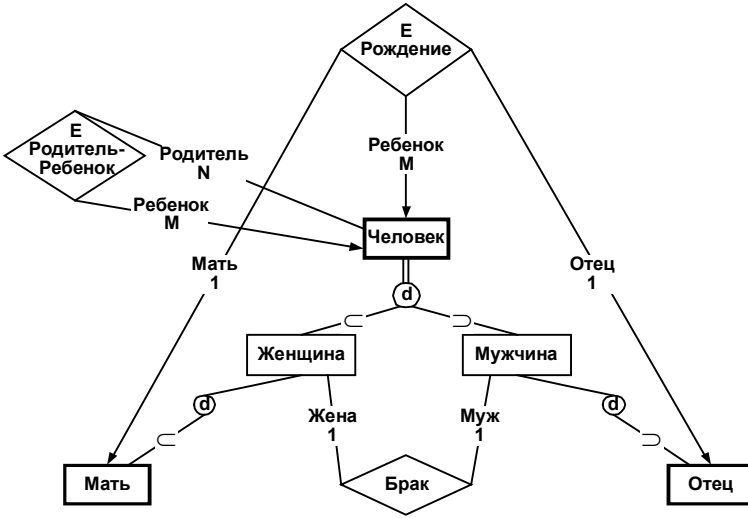


Рис. 2. ER-диаграмма предметной области родственных отношений

Два атрибута множества сущностей ЧЕЛОВЕК задаются в ERM-схеме следующими цепочками структурных элементов: «множество сущностей ЧЕЛОВЕК – класс ЧЕЛОВЕК – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль прообразов – отображение ФИО вида атрибутное – роль СКАЗУЕМОЕ как роль образов – класс CHARACTER(50) – множество значений CHARACTER(50)» и «множество сущностей ЧЕЛОВЕК – класс ЧЕЛОВЕК – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль прообразов – отображение ПОЛ вида атрибутное – роль СКАЗУЕМОЕ как роль образов – класс CHARACTER(10) – множество значений CHARACTER(10)». Аналогичная цепочка элементов создана для множества связей БРАК – «множество связей БРАК – класс БРАК – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль прообразов – отображение ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА вида атрибутное – роль СКАЗУЕМОЕ как роль образов – класс DATE – множество значений DATE».

В ходе выполнения редукции удаляются структурные элементы типов МНОЖЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ, МНОЖЕСТВО СВЯЗЕЙ, МНОЖЕСТВО СУЩНОСТЕЙ, АТРИБУТНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ и создаются дополнительные элементы типа ОТОБРАЖЕНИЕ и релевантные им элементы.

Во-первых, для каждого атрибутного отображения (например, ФИО) создается обратное ему отображение (ЧЕЛОВЕК_С_ФИО), в котором роли прообразов и образов меняются местами.

Во-вторых, для каждого атрибутного отображения множества связей степени n создается $2^{n+1} - 2$ сопутствующих ему отображений, в которых роли прообразов и образов по очереди играют сущности n типов и значения множества значений ($2^{n+1} - 2$ – число всевозможных вариантов их размещений на двух полюсах: области определения отображения (ООО) и области значений отображения (ОЗО)). Так, для атрибута ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА будут построены следующие отображения:

- МУЖЧИНА × ЖЕНЩИНА → DATE; DATE → МУЖЧИНА × ЖЕНЩИНА;
- МУЖЧИНА × DATE → ЖЕНЩИНА; ЖЕНЩИНА → МУЖЧИНА × DATE;
- ЖЕНЩИНА × DATE → МУЖЧИНА; МУЖЧИНА → ЖЕНЩИНА × DATE.

Назовем отображения, в которых роли прообразов играют кортежи n сущностей, а роли образов – значения или кортежи значений, **n -арными атрибутными отображениями**. Примером такого отображения является

ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА: МУЖЧИНА \times ЖЕНЩИНА \rightarrow DATE.

В-третьих, для каждого множества связей степени n создается $2^n - 2$ сопутствующих ему реляционных отображений, в которых роли прообразов и образов по очереди играют сущности n типов ($2^n - 2$ – число всевозможных вариантов их размещений на двух полюсах: ООО и ОЗО). Так, для множества связей РОЖДЕНИЕ будут построены следующие отображения:

РЕБЕНОК: МАТЬ \times ОТЕЦ \rightarrow ЧЕЛОВЕК;

РОДИТЕЛИ: ЧЕЛОВЕК \rightarrow МАТЬ \times ОТЕЦ;

МАТЬ: ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК \rightarrow МАТЬ;

ОТЕЦ-РЕБЕНОК: МАТЬ \rightarrow ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК;

ОТЕЦ: МАТЬ \times ЧЕЛОВЕК \rightarrow ОТЕЦ;

МАТЬ-РЕБЕНОК: ОТЕЦ \rightarrow МАТЬ \times ЧЕЛОВЕК.

Кроме этого, если в схеме отсутствует класс BOOLEAN, соответствующий множеству значений BOOLEAN, состоящему из двух значений TRUE и FALSE, он создается. Этот класс необходим для генерации логических отображений (отображений с классом BOOLEAN в качестве ОЗО), с помощью которых будут задаваться экзистенциальные суждения о сущностях и связях. Роль ООО таких отображений играет обобщенный класс ОБЪЕКТ. Для каждого такого отображения также будет создано обратное ему отображение, в котором класс BOOLEAN выступает уже в качестве ООО.

Первая группа таких логических отображений создается для всех множеств сущностей (ЧЕЛОВЕК, ЖЕНЩИНА, МУЖЧИНА, МАТЬ и ОТЕЦ), имеющих в схеме. Так, для класса ЧЕЛОВЕК задается в ERM-схеме следующая цепочка структурных элементов: «класс ОБЪЕКТ – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль прообразов – отображение ЧЕЛОВЕК вида атрибутное – роль СКАЗУЕМОЕ как роль образов – класс BOOLEAN». Обратное этому логическому отображению отображение будет определять следующая цепочка структурных элементов: «класс ОБЪЕКТ – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль образов – отображение ЧЕЛОВЕК⁻¹ – роль СКАЗУЕМОЕ как роль прообразов – класс BOOLEAN».

Вторая группа логических отображений создается для всех множеств связей (РОЖДЕНИЕ, РОДИТЕЛЬ-РЕБЕНОК и БРАК), имеющих в схеме. Так, для класса БРАК задается в ERM-схеме следующая цепочка структурных элементов: «класс ОБЪЕКТ – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль прообразов – отображение БРАК вида атрибутное – роль СКАЗУЕМОЕ как роль образов – класс BOOLEAN». Обратное этому логическому отображению отображение будет определять следующая цепочка структурных элементов: «класс ОБЪЕКТ – роль ПОДЛЕЖАЩЕЕ как роль образов – отображение БРАК⁻¹ – роль СКАЗУЕМОЕ как роль прообразов – класс BOOLEAN».

Первые две группы логических отображений представляют собой свойства предметов, составляющие содержания соответствующих понятий о предметах. В силу этой особенности такую разновидность атрибутных отображений назовем **понятийными отображениями**.

Третья группа логических отображений для множеств связей отличается от логических отображений предыдущего абзаца тем, что роль подлежащего в них играет не один объект типа связь, а кортеж объектов типа сущность, составляющих

эту связь. Эти отображения в качестве ролей прообразов имеют роли сущностей в связи, а роль СКАЗУЕМОЕ играет класс BOOLEAN. В релевантных им обратных отображениях роли прообразов и образов меняются местами. Например, для множества связей РОЖДЕНИЕ к этой группе относятся следующие отображения:

РОЖДЕНИЕ: МАТЬ \times ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК \rightarrow BOOLEAN;

РОЖДЕНИЕ⁻¹: BOOLEAN \rightarrow МАТЬ \times ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК.

Третью группу логических отображений представляют собой свойства n -ок предметов, составляющие содержания соответствующих понятий об n -ках предметов. В силу этой особенности такую разновидность n -арных атрибутивных отображений назовем **n -арными понятийными отображениями**.

Результат редукции исходной ER-схемы до базовых структур частично изображен на рис. 3.

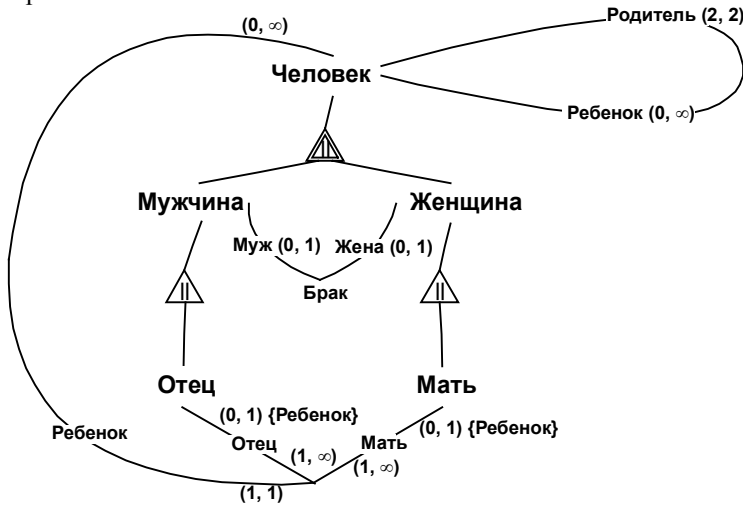


Рис. 3. Граф классов предметной области родственных отношений

На рисунке в виде вершин графа показаны классы множеств сущностей, каждое ребро с n концами представляет собой класс множества связей. Каждый конец ребра соответствует одной роли прообразов или образов реляционных отображений, определяемых этим множеством связей. Имена этих ролей помечают концы ребер. Для простых реляционных отображений (определяемых бинарными множествами связей) эти имена используются и в качестве функторов отображений, определяющих эту роль.

Отметим однозначность правил редукции ERM-схемы. Это означает, что из одной схемы, выраженной в терминах производных структурных понятий, можно получить одну и только одну схему, выраженную в терминах базовых структурных понятий.

4. Специализация базовых понятий до производных

Рассмотрим обратную задачу – задачу специализации базовых структурных элементов. При этом необходимо определить, к какому виду относится каждый класс и отображение, представленные в ERM-схеме. Исходной для этой задачи является ERM-схема, в которой определен полный набор классов и отображений,

представляющих интерес с точки зрения бизнес-процессов ПрО. Это означает, что для нашего примера в схеме заданы следующие элементы.

Классы – ЧЕЛОВЕК, ЖЕНЩИНА, МУЖЧИНА, МАТЬ, ОТЕЦ, РОЖДЕНИЕ, РОДИТЕЛЬ-РЕБЕНОК, БРАК, CHARACTER(50), CHARACTER(10), DATE, BOOLEAN.

Отображения –

I. Понятийные и обратные им отображения, например:

ЧЕЛОВЕК: ОБЪЕКТ \rightarrow BOOLEAN; ЧЕЛОВЕК⁻¹: BOOLEAN \rightarrow ОБЪЕКТ.

РОЖДЕНИЕ: ОБЪЕКТ \rightarrow BOOLEAN; РОЖДЕНИЕ⁻¹: BOOLEAN \rightarrow ОБЪЕКТ.

II. N-арные понятийные и обратные им отображения, например:

РОЖДЕНИЕ: МАТЬ \times ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК \rightarrow BOOLEAN;

РОЖДЕНИЕ⁻¹: BOOLEAN \rightarrow МАТЬ \times ОТЕЦ \times ЧЕЛОВЕК.

III. Атрибутные и обратные им отображения, например:

ФИО: ЧЕЛОВЕК \rightarrow CHARACTER(50);

ЧЕЛОВЕК С ФИО: CHARACTER(50) \rightarrow ЧЕЛОВЕК;

ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА: БРАК \rightarrow DATE;

БРАК,ЗАКЛЮЧЕННЫЙ_В_ДЕНЬ: DATE \rightarrow БРАК.

IV. N-арные атрибутные и сопутствующие им отображения, например:

ДАТА_ЗАКЛЮЧЕНИЯ_БРАКА: МУЖЧИНА \times ЖЕНЩИНА \rightarrow DATE;

БРАК,ЗАКЛЮЧЕННЫЙ_В_ДЕНЬ: DATE \rightarrow МУЖЧИНА \times ЖЕНЩИНА.

V. Реляционные отображения, например: РЕБЕНОК: МАТЬ \times ОТЕЦ \rightarrow ЧЕЛОВЕК.

В исходной ERM-схеме все классы и отображения не специализированы.

Процедура специализации базовых структурных элементов выполняется по следующим правилам.

1. Класс BOOLEAN является **множеством значений**.

2. Классы, не фигурирующие в простых отображениях с участием логического класса BOOLEAN (например, ЧЕЛОВЕК \rightarrow BOOLEAN), являются **множествами значений**. Действительно, значения не вступают во взаимоотношения между собой.

3. Отображения, у которых ООО составляет одиночный класс, не являющийся множеством значений, а ОЗО – множество значений или их Декартово произведение, являются **атрибутными отображениями** соответствующего класса.

4. Классы, фигурирующие в сложных отображениях, где кроме множеств значений участвуют как минимум два класса (например, МУЖЧИНА \times ЖЕНЩИНА \rightarrow DATE), являются **множествами сущностей**. Действительно, по правилам структуризации ER-модели, образовывать агрегаты могут только сущности и значения.

5. Все отображения пункта 4 делятся на группы с одинаковыми наборами ролей множеств сущностей, определенных по 4-му правилу. Отображения одной группы релевантны одному **множеству связей**.

6. Среди отображений каждой группы находим отображение, ООО которого составляют множества сущностей, а ОЗО – множество значений BOOLEAN (**N-арное понятийное отображение**), одноименное с одним из простых отображений, ООО которого составляет класс ОБЪЕКТ, а ОЗО – множество значений BOOLEAN (**понятийное отображение**). Имя этих отображений именуется и мно-

жество связей этой группы, а **роли множеств сущностей** в нем совпадают с ролями множеств сущностей в N -арном понятийном отображении.

7. Если в группе отображений, релевантных множеству связей, кроме N -арного понятийного отображения и обратного ему отображения есть другие отображения, определяем **N -арные атрибутные отображения** этого множества связей. У них ООО составляют множества сущностей, а ОЗО – множество значений или их Декартово произведение. Каждому такому отображению должен быть одноименный аналог среди атрибутных отображений.

8. Оставшиеся нерассмотренными простые отображения, ООО которых составляет класс ОБЪЕКТ, а ОЗО – множество значений BOOLEAN (**понятийные отображения**), относятся к множествам сущностей.

9. Все остальные отображения являются **реляционными отображениями**. Они также группируются по одинаковым наборам ролей множеств сущностей. В каждой группе должно быть $2^n - 2$ отображений (n – число ролей). Каждой вновь полученной группе соответствует одна из ранее определенных в 5-ом правиле групп. Соответствующее множество связей и определяет реляционные отображения этой группы.

Отметим однозначность правил специализации классов и отображений. Это означает, что из одной схемы, выраженной в терминах базовых структурных понятий, можно получить одну и только одну схему, выраженную в терминах производных структурных понятий.

5. Изоморфное отношение между структурными составляющими ERM-схем, выраженными в базовых и производных понятиях

Согласно математической энциклопедии, изоморфизмом или изоморфным отношением системы A на систему A' называется взаимно однозначное отображение множества A на множество A' . В нашем случае множества A и A' представляют собой множества структурных элементов двух ERM-схем одной и той же ПрО, одна выражена в терминах базовых структурных понятий ERM-модели, другая – в терминах производных структурных понятий ERM-модели.

Выше мы рассмотрели правила преобразования элементов одной понятийной системы в элементы другой системы и наоборот. При этом отмечалось, что каждое из этих преобразований однозначно, поскольку оно осуществляется в соответствии с однозначными правилами. Таким образом, можно утверждать, что между структурными элементами двух ERM-схем одной и той же ПрО, одна из которых выражена в терминах базовых структурных понятий ERM-модели, другая – в терминах производных структурных понятий ERM-модели, существует изоморфное отношение.

Заключение

Наличие изоморфного отношения между структурами ПрО, выраженными в терминах базовых структурных понятий ERM-модели, и структурами той же ПрО, выраженными в терминах производных структурных понятий ERM-модели, позволяет строить методику проектирования схемы ПрО, сочетающую преимущества обеих систем понятий – удобство и простоту системы производных понятий и большую выразительную способность и математическую строгость базовых понятий. По ходу применения такой методики элементы одной системы могут однозначно переводиться в элементы другой системы и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабанов А.М. Семантическая модель «Сущность – Связь – Отображение» // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2007. № 1. С. 77–91.
2. Бабанов А.М. Объекты и отображения – атомарный уровень семантического моделирования // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука и практика: диалоги нового века». Часть 3. Информационные технологии и математическое моделирование. Томск: Твердыня, 2003. С. 25–27.
3. Бабанов А.М. Теория семантически значимых отображений. // Вестник Томского государственного университета. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика». 2003. № 280. С. 239 – 248.
4. Чен П. Модель «сущность – связь» – шаг к единому представлению о данных // СУБД. 1995. № 3. С. 137–158.
5. Бабанов А.М. Модель «Объект – отображение» как расширение модели «Сущность – связь» // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ – 2006): Материалы V Международной научно-практической конференции (10–11 ноября 2006 г.). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. Ч. 1. С. 9–11.
6. Бабанов А.М. Формальная система теории семантически значимых отображений // Вестник Томского государственного университета. Серия «Математика. Кибернетика. Информатика». 2006. № 290. С. 261–263.
7. Бабанов А.М. Развитие формальной системы теории семантически значимых отображений // Вестник Томского государственного университета. Серия «Информатика. Кибернетика. Математика» 2006. № 293. С. 135–139.
8. Бабанов А.М., Скачкова А.С. Методика доказательства теорем для формальной системы ERM-модели // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 2(11). С. 113–123.

Бабанов Алексей Михайлович

Томский государственный университет,

E-mail: babanov2000@mail2000.ru

Поступила в редакцию 25 июня 2012 г.

Babanov Alexey M. (Tomsk State University). **Base and derivative structural concepts of ERM data model and isomorphic relation between them.**

Keywords: semantic data model, ERM-model, structural concepts of model, base and derivative concepts, reduction, specialization, isomorphism.

Model «Entity-Relationship-Mapping» is obliged to its initial name to two base concepts of model – «object» and «mapping». Later for convenience of DB designing it got traditional concepts of Chen's ER-model as derivatives from its base concepts, and the ERM-model has been formed. Each of structural concepts groups – base and derivative, plays its role during designing – the first provides expressive power and mathematical validity of the model, the second facilitates understanding of model by person.

For use of both structural concepts groups by complementary manner rules of ERM-schemas transformation from derivative concepts language to base concepts language and vice versa are offered. They allow to carry out the one-to-one transformations of schemas necessary for completion of the schemas, check on consistency and transformations to the DBMS models serving as target models of process of DB designing. Thus, it is shown, that the isomorphic relation exists between these two systems of concepts. Its presence allows building a technique of schemas designing, combining advantages of both concepts systems. On the steps of such technique elements of one system can unambiguously be translated in elements of other system and vice versa.