

## **СИСТЕМНО-ИЗОМОРФНОЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ СООТВЕТСТВИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И СХЕМЫ БАЗЫ ДАННЫХ**

*Р.Е. Зинченко (Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского, rzinchenko@yandex.ru)*

На основе анализа существенных свойств самоорганизующихся информационных систем предложена модель динамического соответствия концептуальной модели предметной области и схемы БД, поддерживаемая в рамках системного изоморфизма. Приведены допустимые операции модификации модели предметной области и схемы БД, обеспечивающие их независимую эволюцию и учитываемые в модели динамического соответствия.

**Ключевые слова:** самоорганизующаяся информационная система, моделирование предметной области, база данных, системный изоморфизм.

Логическим результатом более полувековой истории развития систем БД являются создание и промышленная эксплуатация *автоматизированных информационных систем* (АИС) с моделью статического изоморфного соответствия пользовательского представления *предметной области* (ПрО) и схемы БД. Пассивность создаваемых АИС и стремление к максимальной эффективности обработки данных являются основными причинами статического соответствия модели ПрО и схемы БД. Кроме этого, АИС создаются разработчиками систем в результате сложного процесса проектирования и разработки, а пользователи АИС имеют к этому весьма опосредованное отношение, что не позволяет своевременно создавать и адаптировать АИС к изменяющимся условиям их использования.

Поэтому целесообразна разработка АИС с высокой степенью независимости модели ПрО и БД и их системным динамическим соответствием в процессе существования. Это позволит создавать и поддерживать концептуальную модель ПрО, предоставляющую пользователям очень широкие возможности для адекватного представления ПрО в системе, а БД будет максимально ориентированной на эффективную организацию и обработку данных. Таким образом, затраты на поддержание динамического соответствия концептуальной модели ПрО и схемы БД будут компенсироваться требуемой адекватностью отражения ПрО в информационной системе и высокой эффективностью обработки данных, создав условия для возникновения самоорганизации в АИС.

Самоорганизующиеся АИС имеют ряд существенных свойств, отличающих их от пассивных систем:

– взаимодействие с внешней средой на семантическом уровне, что, в свою очередь, требует максимального учета семантики в концептуальной модели ПрО [1];

– открытость системы на всех уровнях (в организации и обработке данных, в моделировании ПрО и др.) для обеспечения высокой адаптивности к изменениям внешней среды и внутренней организации системы [2–3];

– система строится из адаптивных элементов, постоянно увеличивающих согласованность своего взаимодействия, что способствует приобретению свойств интенсивных систем (функционирование в ограниченном объеме с возрастанием организованности и сложности в процессе существования системы);

– несмотря на высокую внутреннюю сложность, внешне система представляется достаточно простой для удобства пользователей, являющихся специалистами в своих ПрО, но не в области вычислительной техники [1];

– пользователи для АИС представляются не множеством изолированных однородных объектов, а системой объектов, организованных преимущественно в сетевую структуру, что позволяет распределять обязанности администрирования системы среди достаточно большого числа иерархически привилегированных пользователей и естественным образом реализует механизм областей видимости для каждого пользователя системы [1];

– взаимодействие с внешней средой как с системой способствует повышению интенсивности их взаимодействия и возникновению процесса коэволюции, существенно ускоряющего темпы их развития, а также созданию на этой основе принципиально новой системы более высокого иерархического уровня (сверхсистемы) [1];

– активность системы, базирующаяся на способности самостоятельно принимать решения и выполнять различные действия на основе своих внутренних потребностей, но в интересах внешней среды, создает условия для превращения ее в инфраструктуру, на основе которой будет формироваться деятельность системы пользователей.

Поэтому создание активных самоорганизующихся АИС, способных на основе концептуальной модели ПрО самостоятельно формировать БД и поддерживать корректное отображение объектов ПрО в БД, является актуальной задачей. Данную задачу целесообразно решать на основе системного подхода, рассматривающего концептуальную модель ПрО и схему БД как независимые системы, между которыми устанавливается определенное соответствие, автоматически поддерживаемое

АИС. Данное соответствие концептуальной модели ПрО и схемы БД должно являться системно-изоморфным соответствием, базирующимся на двух отображениях. В [4] показано, что целесообразен системный изоморфизм, при котором концептуальная модель ПрО полностью отображается в схему БД, а схема БД частично отображается в концептуальную модель ПрО. Такой системный изоморфизм позволяет пользователю полностью получать из АИС информацию о реальном мире в соответствии со своим представлением, что обеспечивает логическую корректность системы, а также необходимое подобие и допустимое разнообразие концептуальной модели ПрО и схемы БД, которые, в свою очередь, будут претерпевать непрерывные эволюционные изменения в течение всего существования АИС.

При построении модели системного изоморфизма концептуальной модели ПрО и схемы БД использованы следующие обозначения:  $M$  – модель ПрО;  $R$  – схема БД;  $R_M$  – часть схемы БД, соответствующая  $M$ ;  $R_e$  – часть схемы БД, представляющая дополнительную информацию, недоступную пользователям;  $V$  – общий объем БД, заданной схемой  $R$ ;  $V_M$  – объем БД, заданной схемой  $R_M$ ;  $V_e$  – объем БД, заданной схемой  $R_e$ .

Схема БД является композицией  $R_M$  и  $R_e$ :

$$R = R_M \circ R_e.$$

Объем БД равен сумме объемов  $V_M$  и  $V_e$ :

$$V = V_M + V_e.$$

Системный изоморфизм  $M$  и  $R$  обозначим как  $M \Leftrightarrow R$ .

При этом подобие  $M$  и  $R$  базируется на изоморфизме  $M \equiv R_M$ , где  $\equiv$  означает взаимно-однозначное отображение  $M$  и  $R_M$  друг в друга. Степень подобия  $M$  и  $R$  определяется величиной отношения  $V_M/V$ , а степень разнообразия равна  $V_e/V = 1 - V_M/V$ . В случае  $V_M/V \rightarrow 1$  степень подобия  $M$  и  $R$  высокая, так как  $V_e \rightarrow 0$ , а при  $V_M/V \rightarrow 0$  степень подобия  $M$  и  $R$  низкая, так как  $V \approx V_e$  и система обрабатывает преимущественно свою собственную информацию, то есть работает сама на себя, а не на внешнюю среду. Таким образом, системный изоморфизм  $M$  и  $R$  заключается в разумном сочетании степени их подобия и разнообразия, а точнее, в определении объема информации  $V_e$ , порождаемой самой системой, и ее изменении в процессе существования АИС.

Концептуальная модель ПрО является понятийной моделью. Каждое понятие в формально-математическом смысле представляется тремя составляющими:

- имя, выделяющее данное понятие среди других понятий;
- содержание понятия, определяющее состав и значения свойств объектов, соответствующих данному понятию;
- объем понятия – множество объектов, соответствующих данному понятию.

В АИС имя понятия является идентификатором, содержание понятия задается набором свойств и предикатом, накладывающим ограничения на значения свойств, а объем понятия формируется из БД. Следовательно, для получения объема понятия необходимо иметь некоторый запрос, позволяющий получить информацию о требуемых объектах из БД. Таким образом, наличие запросов к БД для каждого понятия, которые будем называть базовыми *SQL*-запросами, является конструктивным механизмом реализации соответствия концептуальной модели ПрО и схемы БД.

Для моделирования ПрО в АИС используются два типа понятий:

- простые понятия, объекты которых представляются атомарными данными (например, объекты понятия «фамилия»: Иванов, Петров, Сидоров и др.);

- сложные понятия, объекты которых являются композициями (агрегатами) объектов понятий более низкого уровня (например, понятие «человек», являющееся агрегатом понятий «фамилия», «имя», «отчество», включает объекты <Иванов, Иван, Иванович>, <Петров, Петр, Петрович>, <Иванов, Иван, Петрович> и др.).

Между понятиями могут устанавливаться четыре типа отношений:

- **агрегация** задает отношение между понятием-агрегатом и другими понятиями, называемыми компонентами, и позволяет формировать целостные объекты понятия-агрегата как композиции объектов понятий-компонентов;

- **классификация** задает отношение разбиения (деления) множества объектов класса на подклассы в соответствии с основанием классификации;

- **обобщение** устанавливает отношение между родовым и видовыми понятиями, называемыми категориями, и позволяет формировать обобщенный объект родового понятия путем выделения общих частей из объектов видовых понятий;

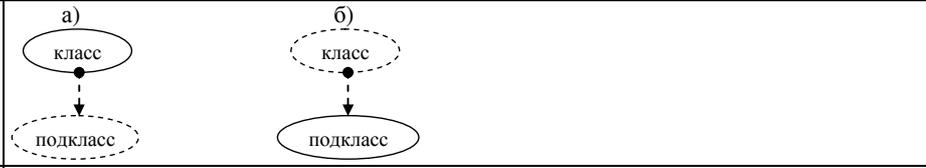
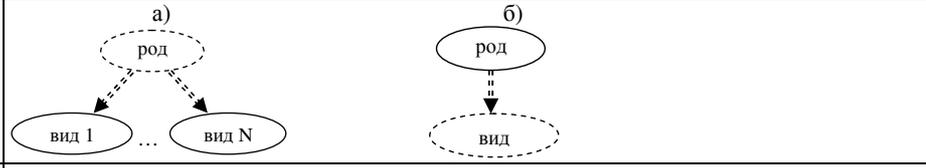
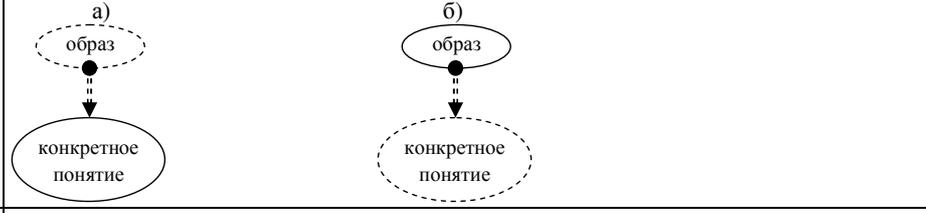
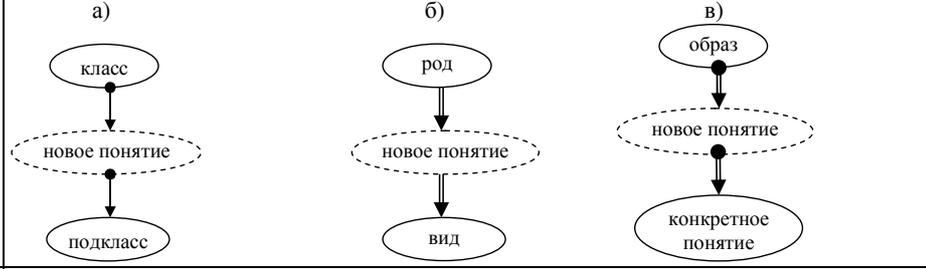
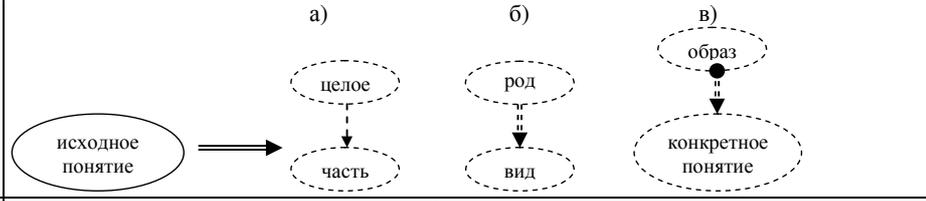
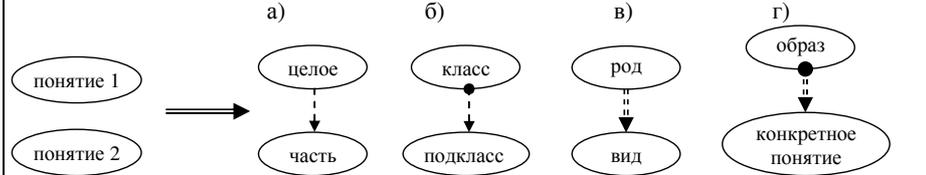
- **абстрагирование** устанавливает отношение между понятием-образом и конкретным понятием и позволяет формировать объекты понятия-образа путем огрубления объектов конкретного понятия. Учитывая, что отношения агрегации, классификации и обобщения также являются определенными видами абстрагирования, будем считать, что отношение абстрагирования реализуется способами формирования образов, отличными от способов реализации указанных отношений. Например, формирование понятия-образа может осуществляться:

- отбрасыванием несущественных свойств конкретного понятия;
- отбрасыванием свойств конкретного понятия, существенных для конкретных объектов, но не существенных в определенной ситуации, соответствующей понятию-образу;

- созданием обобщенного понятия с интегральными характеристиками, формируемыми на основе свойств конкретного понятия;
- созданием обобщенного понятия, объекты которого будут иметь усредненные характеристи-

ки групп объектов конкретного понятия и др.  
 Таким образом, отношение абстрагирования устанавливается между понятием-образом и конкретным понятием путем задания пользователем правила формирования объектов понятия-образа

Таблица 1

Операции модификации модели ПрО	Графическое изображение модификации модели ПрО			
Добавление понятия, связанного отношением агрегации (часть-целое)				
Добавление понятия, связанного отношением классификации (класс-подкласс)				
Добавление понятия, связанного отношением обобщения (род-вид)				
Добавление понятия, связанного отношением абстрагирования (образ-конкретное понятие)				
Добавление понятия с трансляцией отношения				
Декомпозиция понятия на два связанных понятия				
Добавление отношения между понятиями				

Обратные операции:

- удаление понятия обратно добавлению понятия;
- композиция двух понятий обратна декомпозиции понятия;
- удаление отношения между понятиями обратна включению отношения.

Примечание: изменения, вносимые в модель ПрО, обозначены пунктирными линиями.

на основе объектов и свойств конкретного понятия. Реализация предложенного (обобщенного) отношения абстрагирования делает АИС открытой на уровне моделирования ПрО.

Для графического изображения отношений различных типов используются следующие символы:

- $V_1 \longrightarrow V_2$  – агрегация;
- $V_1 \bullet \longrightarrow V_2$  – классификация;
- $V_1 \Longrightarrow V_2$  – обобщение;
- $V_1 \bullet \Longrightarrow V_2$  – абстрагирование.

В таблице 1 приведены допустимые операции изменения концептуальной модели ПрО пользователем.

В АИС принято создавать и поддерживать БД в рамках *реляционной модели данных* (РМД). РМД характеризуется высокой универсальностью и широко поддерживается существующими СУБД. Поэтому отображение концептуальной модели ПрО в БД реляционного типа не снижает общности модели системно-изоморфного динамического отображения концептуальной модели ПрО в схему БД.

В таблице 2 приведены допустимые операции изменения схемы БД, требующие корректировки базовых *SQL*-запросов, отображающих понятия концептуальной модели ПрО в БД.

На основании допустимых изменений модели ПрО и БД разработана целостная модель системно-изоморфного динамического отображения концептуальной модели ПрО и схемы БД, включающая подмодели:

- начального отображения концептуальной модели ПрО в схему БД;
- формирования отображения концептуальной модели ПрО в схему БД в *третьей нормальной форме* (ЗНФ);
- модификации отображения концептуальной модели ПрО в схему БД при изменении модели ПрО;
- модификации отображения концептуальной модели ПрО в схему БД при изменении схемы БД.

Модель начального отображения концептуальной модели ПрО в схему БД задает отображение понятий модели ПрО в БД, представленную в форме универсального отношения [5].

Для обеспечения допустимой эффективности обработки данных и устранения коллизий реляционной БД с использованием операций из таблицы 2 разработана модель модификации системы базовых *SQL*-запросов, рассмотренная в [5].

Модель модификации системы базовых *SQL*-запросов в случае изменения концептуальной модели ПрО с помощью операций из таблицы 1 рассмотрена в [6].

Предложенная система моделей позволяет формировать в АИС системно-изоморфное соответствие концептуальной модели ПрО и схемы БД и динамически поддерживать его в актуальном со-

стоянии на основе системы базовых *SQL*-запросов при независимом эволюционном изменении модели ПрО и/или БД.

Таблица 2

Операция модификации схемы БД	Графическое изображение модификации схемы БД
Декомпозиция отношения	
Иерархическая декомпозиция	
Композиция отношений	
Деление отношения	
Объединение отношений	
Декомпозиция атрибута	
Слияние атрибутов	

Для апробации результатов разработана система на языке *C++* в среде *Borland Developer Studio 2006* с хранением данных в СУБД *MySQL 5.0*, подтвердившая полную работоспособность и высокую эффективность разработанной модели системно-динамического соответствия концептуальной модели ПрО и схемы БД и метода реализации этой модели в самоорганизующейся АИС.

Таким образом, разработанная модель системно-изоморфного динамического соответствия концептуальной модели ПрО и схемы БД обеспечивает следующие возможности:

- организацию информационной системы с эволюционным изменением концептуальной модели ПрО и/или схемы БД;

- полную независимость модели ПрО и организации данных;
  - формирование начального отображения концептуальной модели ПрО в схему БД и поддержку динамического соответствия между ними на основе системного изоморфизма при изменениях модели ПрО и схемы БД;
  - логическую корректность функционирования системы (АИС выдает одинаковые последовательности ответов на одну и ту же последовательность пользовательских запросов независимо от организации БД);
  - высокую надежность функционирования системы, базирующуюся на формальных методах организации и обработки данных и постоянной готовности АИС к реализации запросов пользователей.
- Кроме того, разработанная модель обеспечивает высокую эффективность функционирования системы, базирующуюся на независимости базы данных и использовании эффективных методов ее обработки.

### Литература

1. Дрождин В.В., Зинченко Р.Е. Системный подход к концептуальному моделированию предметной области в самоорганизующейся информационной системе // Программные продукты и системы. 2009. № 4. С. 73–79.
2. Дрождин В.В. Открытость структур в эволюционной модели данных // Программные продукты и системы. 2009. № 2. С. 135–137.
3. Дрождин В.В., Володин А.М. Автономный компонент организации данных // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. стат. VIII Всерос. науч.-технич. конф. Пенза: ПГПУ, 2008. С. 7–14.
4. Дрождин В.В., Зинченко Р.Е., Герасимова Е.В., Кузнецов Р.Н., Севостьянов Р.Ю. Модель системного изоморфизма концептуальной модели предметной области и схемы базы данных // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. стат. IX Междунар. науч.-технич. конф. Пенза: ПГПУ, 2009. С. 44–49.
5. Дрождин В.В., Зинченко Р.Е. Формирование системы SQL-запросов для отображения объектного пользовательского представления предметной области в базу данных // Проблемы информатики. 2008. № 1. С. 48–50.
6. Дрождин В.В., Зинченко Р.Е. Модификация системы SQL-запросов при изменении пользовательского объектного представления предметной области // Изв. ПГПУ им. В.Г. Белинского. Физико-математические и технические науки. Пенза: ПГПУ. 2008. № 8 (12). С. 106–110.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ДИСКРЕТНО-ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА

А.Ф. Антипин (Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Стерлитамак, [andrejantipin@ya.ru](mailto:andrejantipin@ya.ru))

Предложено с помощью дискретно-логического регулятора сократить потери быстродействия системы регулирования, основанной на системе типовых производственных правил. Проведен сравнительный анализ быстродействия дискретно-логических регуляторов. Показано, что дискретно-логический регулятор по быстродействию превосходит более чем в четыре раза регулятор, основанный на системе типовых производственных правил.

**Ключевые слова:** дискретно-логический регулятор, фаззификация, система типовых производственных правил, минимизация времени отклика, четкие термы, карта битов, блок-схема системы регулирования.

В современных регуляторах, основанных на системе типовых производственных правил (ТПР), обработка всех правил вычислительным процессором регулятора выполняется последовательно и может продолжаться и после определения требуемого значения параметра объекта управления, что влечет за собой потери быстродействия и избыточное использование вычислительных ресурсов.

Дискретно-логический регулятор (ДЛР) [1] позволяет сократить потери быстродействия за счет преобразования числовых физических величин системы в набор четких термов по аналогии с фаззификацией из теории нечеткой логики [2], с заменой системы типовых производственных правил на БД правил и управляющих воздействий.

### Логические основы минимизации времени отклика

В ДЛР минимизация времени отклика стала возможной благодаря интерпретации числовой физической величины эквивалентной совокуп-

ностью четких термов, представленной на рисунке 1, где  $Z_p$  – рабочее состояние числовой физической величины  $Z$ ;  $Z_A^H$ ,  $Z_A^B$  – нижнее и верхнее аварийные состояния соответственно;  $Z_C^H$ ,  $Z_C^B$  – нижнее и верхнее сигнальные состояния соответственно.

Из рисунка 1 следует, что в любой момент  $t$  должен быть активен только один четкий терм  $T$  числовой физической величины  $Z$  и, как следствие, только одно производственное правило.

Структура ДЛР позволяет заменить систему типовых производственных правил на базу правил и управляющих воздействий, которая представляет собой упорядоченную систему значений управляющих воздействий на объект управления и механизм формирования уникального номера производственного правила, необходимый для установ- ки требуемого значения воздействия.

Номер активного, действующего в текущий момент  $t$  производственного правила для системы