

УДК 658.012.011.56

В.М. ЛЕВЫКИН, М.В. ЕВЛАНОВ

ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКТОРОВ МЕЖДУ КАТЕГОРИЯМИ МОДЕЛЯМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время процессы проектирования информационных систем (ИС) различного назначения представляются, как правило, последовательностью моделей создаваемой системы на различных этапах проектных работ. При этом проектируемая ИС рассматривается в общем случае как вариант усовершенствования бизнес-процессов объекта автоматизации, позволяющий с помощью создаваемой ИС достигнуть поставленные перед предприятием цели технического, экономического или социального характера. Модели, описывающие ИС на различных стадиях проектных работ, являются, главным образом, визуальными и создаются с целью облегчить понимание разработчиками ИС предметной области и правил выполнения бизнес-процессов объекта автоматизации. Поэтому обобщенную последовательность создания моделей ИС в ходе проектирования можно представить схемой, показанной на рис. 1.

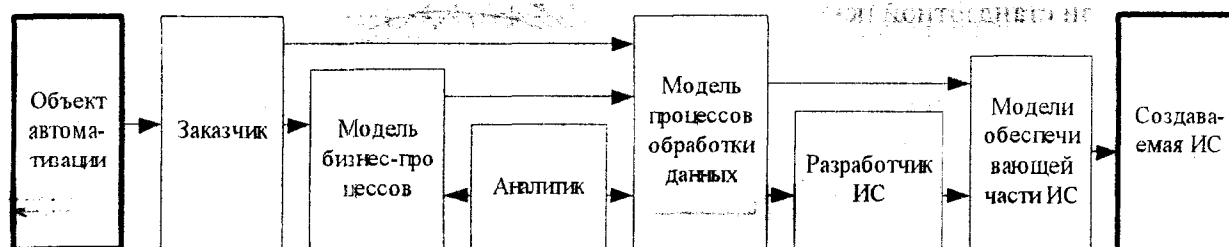


Рис. 1 – Обобщенная схема последовательности моделей проектируемой информационной системы.

Сразу необходимо предупредить читателя о том, что в данной работе не ставится целью описание всех элементов последовательности моделей и правил трансформации этих элементов друг в друга. Показанная на рис. 1 схема лишь подчеркивает важность постоянно существующей проблемы адекватной трансформации моделей, разработанных на различных этапах проектирования ИС. В настоящее время эту проблему решают с помощью так называемых CASE-средств. Назначение данных средств многообразно: построение и анализ моделей предметной области и интерфейсов, архитектуры, алгоритмов и структур данных, проектирование баз данных и генерация их схем для основных СУБД, разработка приложений и создание их программного кода, реинжиниринг процессов и баз данных и т.д. [1]. Однако, получаемые с помощью CASE-средств модели являются не столько результатом работы самого CASE-средства, сколько результатом работы представителей заказчика ИС, аналитика ИС и разработчиков ИС, вкладывающих в формируемую модель свои знания, опыт и приобретенные навыки.

Не менее важной проблемой проектирования ИС является проблема привязки разработанных моделей ИС с элементами системы, которая находится в промышленной эксплуатации. Подобный подход значительно расширяет область использования моделей ИС, облегчает процессы мониторинга и реинжиниринга эксплуатируемой ИС, а также позволяет упростить методы аналитической обработки хранимой в базе данных ИС информации. В настоящее время работы в соответствии с данным подходом ведутся в двух основных направлениях [1]:

- разработка средств моделирования, которые стандартно или опционально входят в некоторые крупные ИС;

- создание новых CASE-средств, которые предусматривают возможность организации связей моделей бизнес-процессов предприятия и, соответственно, моделей ИС с реальными данными из базы данных эксплуатируемой ИС.

Среди работ по второму направлению особо стоит отметить CASE-средство ARIS. Это средство позволяет моделировать бизнес-процессы предприятия и систему управления этим предприятием с четырех точек зрения – организационная структура, функциональная структура, структура данных, структура процессов. У каждой из этих точек зрения есть три описания – требования, спецификации и внедрения. Поэтому ARIS позволяет рассматривать любое предприятие с 12 различных позиций [1]. Этот подход весьма сложен для современного состояния проблемы визуального моделирования, однако позволяет моделировать процессы предприятия с весьма высоким качеством.

Таким образом, решение проблемы адекватной и надежной трансформации моделей ИС друг в друга является актуальным, поскольку позволит значительно сократить объем работ, выполняемых аналитиками, разработчиками и администраторами ИС в настоящее время вручную. Эти работы можно разделить на такие направления:

- работы по синтезу новых моделей ИС или ее отдельных элементов в соответствии с последовательностью проектных работ;
- работы по мониторингу ИС и анализу показателей ее эксплуатации;
- работы по реинжинирингу ИС и ее отдельных компонент.

Анализ существующих решений.

Следует отметить, что практические решения проблемы трансформации моделей ИС в современных CASE-средствах носят, как правило, лишь частный характер. Это связано со статичным представлением моделей ИС и организацией соответствующих способов хранения и отображения моделей (модели хранятся в файлах и отображаются как статичные визуальные диаграммы) [1]. Несколько лучше обстоят дела в CASE-средстве ARIS – там для хранения моделей используется объектная СУБД, что облегчает трансформацию моделей друг в друга [1]. Однако такое представление моделей позволяет в лучшем случае отображать лишь синтаксические описания моделей ИС, не учитывая при этом семантические особенности данных моделей.

Среди математических аппаратов, описывающих соответствия элементов исходной модели и элементов конечной модели ИС, наиболее предпочтительным считается аппарат теории категорий. Эти предпочтения определяются следующим рядом практических соображений:

- теория категорий позволяет формализовать описания как элементов модели (класс объектов категории), так и связей данных элементов (класс морфизмов категории) с учетом особенностей реализации данных связей (между двумя объектами категории может быть несколько различных морфизмов);
- в теории категорий для каждой категории предполагается определение частичной бинарной операции умножения морфизмов [2], что облегчает формализацию описаний структурных моделей за счет определения структурных цепочек элементов на модели ИС;
- некоторые классы морфизмов, а также определенные на объектах категории кокоммутативные морфизмы [2] позволяют формализовать описания таких свойств объектных моделей ИС, как полиморфизм, наследование свойств и инкапсуляция.

Постановка задачи исследования.

Исходя из данных предположений, в дальнейшем будем рассматривать модели ИС на различных этапах проектирования в виде категорий. Для решения проблемы формализованного представления процессов трансформации моделей, обозначим некоторую исходную модель ИС как категорию A , а некоторую конечную модель ИС, получаемую в

результате трансформации, как категорию В. Тогда сам процесс трансформации моделей в соответствии с полученными в работе [3] выводами можно будет рассматривать в виде некоторого обобщенного ковариантного функтора Φ_B^A – частного случая отображения категории А в категорию В при выполнении условий [2]:

$$\forall \alpha \in Ob^A \quad \exists \Phi_B^A(\alpha) \in Ob^B, \quad (1)$$

$$\forall \alpha \in H_A(a_i, a_j) \subseteq Mor^A \quad \exists \Phi_B^A(\alpha) \in H_B(\Phi_B^A(a_i), \Phi_B^A(a_j)) \in Mor^B, \quad (2)$$

$$\forall 1_a \in Mor^A \quad \exists \Phi_B^A(1_a) = 1_{\Phi_B^A(a)} \in Mor^B, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \forall \alpha \in H_A(a_i, a_j) \in Mor^A, \beta \in H_A(a_j, a_k) \in Mor^A \\ \exists \Phi_B^A(\alpha\beta) = \Phi_B^A(\alpha)\Phi_B^A(\beta) \in Mor^B, \end{aligned} \quad (4)$$

где Ob^A – класс объектов категории А, описывающих элементы исходной модели ИС;

a – любой объект, относящийся к классу объектов Ob^A категории А;

Ob^B – класс объектов категории В, описывающих элементы конечной модели ИС;

Mor^A – класс морфизмов категории А, описывающих связи элементов исходной модели ИС;

$H_A(a_i, a_j)$ – множество морфизмов, определенных в категории А для объекта a_i как начала морфизма и объекта a_j как конца морфизма, при этом $i \neq j$ являются идентификаторами объектов категории А;

α – морфизм, являющийся элементом множества $H_A(a_i, a_j)$;

Mor^B – класс морфизмов категории В, описывающих связи элементов конечной модели ИС;

$H_B(\Phi_B^A(a_i), \Phi_B^A(a_j))$ – множество морфизмов, определенных в категории В для объекта $\Phi_B^A(a_i)$ как начала морфизма и объекта $\Phi_B^A(a_j)$ как конца морфизма; 1_a – единичный морфизм, определенный для объекта a категории А;

$1_{\Phi_B^A(a)}$ – единичный морфизм, определенный для соответствующего объекта категории В; $\alpha\beta$ – частичная бинарная операция умножения морфизмов категории А.

Условия (1) – (4) позволяют утверждать, что определение обобщенного ковариантного функтора Φ_B^A целесообразно разделить на две связанные между собой задачи:

- определение правил трансформации объектов категории А (категории-начала функтора) в объекты категории В (категории-конца функтора);

- определение правил трансформации морфизмов категории А (категории-начала функтора) в морфизмы категории В (категории-конца функтора).

Эти задачи решены в работе [3] для обобщенного ковариантного функтора, описывающего процесс проектирования распределенных баз данных ИС, причем решение приведено в виде обобщенного алгоритма. Однако этот алгоритм сформулирован с учетом единой природы категорных представлений моделей ИС и ее базы данных. В общем случае такое утверждение несправедливо, поскольку для проектирования обеспечивающей части ИС одновременно может использоваться структурный и объектный подходы к мо-

делированию ИС. Поэтому необходимо рассмотреть вопрос о возможности существования единой аналитической модели обобщенного ковариантного функтора как основной операции, обуславливающей автоматизированное выполнение трансформации моделей ИС в ходе проектных работ.

Изложение материала исследования.

Задать модель функтора – это значит:

- задать классы объектов и морфизмов категории A ;
- задать классы объектов и морфизмов категории B ;
- задать совокупность удовлетворяющих условию (1) правил отображения объектов категории A в объекты категории B ,
- задать совокупность удовлетворяющих условиям (2)-(4) правил отображения морфизмов категории A в морфизмы категории B .

Тогда в общем случае любой одноместный ковариантный функтор Φ_B^A можно определить как

$$\Phi_B^A = (Ob^A, Ob^B, Mor^A, Mor^B, \Phi_{Ob^A}^{Ob^B}, \Phi_{Mor^A}^{Mor^B}), \quad (5)$$

где $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ – база правил трансформации элементов класса объектов категории A в элементы класса объектов категории B ;

$\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$ – база правил трансформации элементов класса морфизмов категории A в элементы класса морфизмов категории B .

Следует отметить, что представление баз правил трансформации элементов классов объектов и морфизмов категории A в элементы аналогичных классов категории B $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ и $\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$ как некоторых функций является лишь частным случаем. В общем случае данные базы правил следует рассматривать как реализацию некоторых функциональных операторов, которые связывают две модели с принципиально разными алфавитами.

Представление ковариантного функтора в виде выражения (5) позволяют с учетом выполнения условий (1)-(4) сформулировать следующие правила существования функтора

$$Ob^A \subseteq \Phi_{Ob^B}^{Ob^A}(Ob^A) \subseteq Ob^B, \quad (6)$$

$$Mor^A \subseteq \Phi_{Mor^B}^{Mor^A}(Mor^A) \subseteq Mor^B. \quad (7)$$

Данные правила для моделей ИС можно интерпретировать следующим образом: тезаурус исходной модели ИС не превышает по размерам и сложности тезаурус конечной модели ИС. При этом размеры тезауруса, используемого для создания модели ИС, определяется количеством объектов соответствующей категории. Семантическая сложность тезауруса, используемого для создания модели ИС, определяется количеством морфизмов соответствующей категории.

Подобная интерпретация будет справедливой только для тех случаев, когда уровни представления исходной и конечной моделей ИС, которые описываются категорией-началом функтора и категорией-концом функтора соответственно, будут адекватны друг другу. На практике чаще всего характерна иная ситуация: от моделей, описывающих бизнес-процессы предприятия, разработчики переходят к моделям, описывающим информа-

ционную систему управления этим предприятием, а от них, в свою очередь, – к моделям, описывающим отдельные виды обеспечений ИС. Возможны и обратные переходы – например, в ходе реверс-инжиниринга (обратного проектирования) базы данных ИС. Поэтому существование баз правил $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ и $\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$ возможно только при выполнении одного из переходов, показанных следующими диаграммами

$$\begin{array}{ccc} MTez(Ob^A) \rightarrow MTez(Ob^B) & Tez(Ob^A) \rightarrow Tez(Ob^B) & \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \\ Tez(Ob^A) \rightarrow Tez(Ob^B) & mTez(Ob^A) \rightarrow mTez(Ob^B) & \end{array} \quad (8)$$

$$\begin{array}{ccc} MTez(Mor^A) \rightarrow MTez(Mor^B) & Tez(Mor^A) \rightarrow Tez(Mor^B) & \\ \uparrow & \downarrow & \downarrow \\ Tez(Mor^A) \rightarrow Tez(Mor^B) & mTez(Mor^A) \rightarrow mTez(Mor^B) & \end{array} \quad (9)$$

где $Tez(\bullet)$ – текущий уровень представления тезаурус модели ИС;

$MTez(\bullet)$ – макро-уровень представления тезауруса модели ИС, для которого тезаурус текущего уровня представления является частным случаем (иногда – подмножеством);

$mTez(\bullet)$ – микро-уровень представления тезауруса модели ИС, который является частным случаем (иногда – подмножеством) тезауруса текущего уровня представления;

Тогда аналитическую модель одноместного ковариантного функтора (5) можно представить следующим образом

$$\Phi_B^A = (L_{Tez(A)}, Ob^A, Mor^A, L_{Tez(B)}, Ob^B, Mor^B, \Phi_{Ob^A}^{Ob^B}, \Phi_{Mor^A}^{Mor^B}), \quad (10)$$

где $L_{Tez(A)}$ – уровень представления тезауруса исходной модели ИС, которая описана категорией A;

$L_{Tez(B)}$ – уровень представления тезауруса конечной модели ИС, которая описана категорией B.

Уровни представлений тезауруса определяются, исходя из сложившейся иерархии представлений ИС. Примером такой иерархии может служить используемая технологией структурного проектирования ИС SADT классификация моделей ИС [4]:

- модели бизнес-процессов объекта автоматизации (уровень 0);
- модели потоков данных, модели потоков работ (уровень 1);
- модели «сущность-связь», диаграммы классов (уровень 2).

Данное описание иерархии представлений ИС является справедливым и в случае использования методов объектно-ориентированного проектирования ИС. Однако, современные реализации данных методов, основанные на языке визуального моделирования UML, обладают гораздо большим количеством визуальных моделей ИС. Так, большинство технологий визуального объектно-ориентированного проектирования ИС базируются на следующих моделях [5, 6]:

- диаграммы бизнес-прецедентов;
- диаграммы вариантов использования;
- диаграммы последовательности;
- диаграммы кооперации;
- диаграммы классов
- CRC-диаграммы;

- диаграммы состояний;
- диаграммы компонентов;
- диаграммы размещения.

При этом большинство методик предпроектного обследования объекта автоматизации с использованием визуальных объектно-ориентированных моделей допускают использование в качестве вспомогательных моделей рассмотренные ранее модели бизнес-процессов объекта автоматизации и модели потоков данных [6]. При этом модели структурного проектирования применяются, главным образом, для определения границ бизнес-процессов изучаемого объекта автоматизации, а также для определения границ проектируемой ИС.

Таким образом можно утверждать, что выбор иерархии представления моделей ИС обусловлен используемыми методологиями, технологиями и конкретными средствами проектирования ИС.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

Исходя из сказанного выше, следует вывод о существовании двух основных способов реализации одноместного ковариантного функтора Φ_B^A между категорными представлениями моделей ИС. Первый способ предполагает реализацию функтора Φ_B^A как поиск таких баз правил $\Phi_{Ob^A}^{Ob^B}$ и $\Phi_{Mor^A}^{Mor^B}$, которые однозначно определяли бы соответствие заранее заданных остальных элементов модели (10). Второй способ предполагает поиск таких объектов и морфизмов категории B, которые удовлетворяли бы заранее заданным базам правил трансформации, объектам и морфизмам категории A, а также учитывали бы разность уровней представления моделей $L_{Tcz(A)}$ и $L_{Tcz(B)}$. В настоящее время большинство CASE-средств осуществляют трансформацию моделей ИС друг в друга в соответствии со вторым способом реализации функтора, что делает весьма актуальной проблему дальнейшей детализации модели (10).

В заключение хотелось бы отметить, что рассмотренная в данной статье проблема является одной из множества проблем, возникающих в ходе изучения и совершенствования методов и способов проектирования ИС. Представленные решения (в частности, модель (10)) показывают необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на создание языков или графических средств моделирования ИС, которые наилучшим образом соответствовали бы как общим целям проектирования ИС, так и целям отдельных проектных работ.

Список литературы: 1. Черников А. Программирование бизнеса // Компьютерное обозрение. 2002. № 47. С. 40-46. 2. Цаленко М.Ш., Шульгейфер Е.Г. Основы теории категорий. М.: Наука, 1974. 256 с. 3. Левыкин В.М., Евланов М.В., Мухайрат Мохаммад. Концепция построения CASE-системы разработки информационных управляющих систем // АСУ и приборы автоматики. 2001. Вып. 114. С. 55-59. 4. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с BPwin 4.0. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 224 с. 5. У. Борге, М. Борге. UML и Rational Rose. М.: Лори, 2001. 582 с. 6. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. 432 с.

Поступила в редколлегию 1.09.2003

СОДЕРЖАНИЕ

Бодянский Е.В., Королькова Е.Е., Ламонова Н.С. Модифицированные алгоритмы самообучения самоорганизующихся карт Т. Кохонена	3
Бодянский Е.В., Винокурова Е.А. Адаптивный вэйвлет-нейронный предиктор	10
Полонский А.Д. Обучение классификаторов в условиях неопределенности	18
Петров Э.Г., Калига Н.И. Методы оценивания вектора предпочтений индивидуумов	27
Петров Э.Г., Булавин Д.А. Использование методов Чебышевской токи и генетических алгоритмов для нахождения структуры модели многофакторного оценивания	36
Михаль О.Ф. Организация систем распознавания слабо структурированных образов на локально-параллельных нечетких алгоритмах	45
Ланта С.И. Математическая модель перорального теста толерантности к глюкозе с физиологичной функцией абсорбции глюкозы в кишечнике и ее возможные клинические приложения	54
Левыкин В.М., Евланов М.В. Задача определения функторов между категорными моделями информационной системы	62
Усенко Е.В. Биомониторинг водных объектов с помощью инфузорий Tetrahymena pyriformis как тест-системы	68
Шило Н.С. Анализ адекватности модели максимизации функции правильности выбора предпочтений ЛПР	73
Григорьева Н.Н., Васильев Н.Д., Дохов А.И., Зима И.И., Стрельченко В.И. Регистрация полевого воздействия люстры Чижевского на эпителиальные клетки человека	81
Носова Т.В., Безнос М.С., Семенец В.В., Письменецкий В.А. Поиск оптимальной модели функционирования нижних конечностей человека	86
Репка В.Б., Бордюг В.Ю. Нейросетевая модель генерации структуры предложения для автоматического формирования тестовых заданий в дистанционном обучении	91
Бых А.И., Демидюк М.В., Качер В.С. Механико-математическое моделирование силовой взаимосвязи в системе "кукса-гильза" протезов голени и бедра	98
Неофитная Т.М. Разработка категорной модели базы знаний интеллектуальной системы принятия решений	108
Соловьёва О.И. Применение нейронных сетей в медицинской диагностике	116
Супрун Ж.М. Si-фотоструктуры как мобильный экологически чистый источник преобразования солнечной энергии в электрическую	121
Ерохин А.Л., Бурцев Вал.Н., Бурцев Вл.Н. Моделирование когнитивной функции внимания в системе технического зрения	126

UDC 519.95:612.018

The mathematical model of the oral glucose tolerance test with the physiological function of intestine glucose absorption and it's possible clinical application / S.I. Lapta // Problems of Bionics. All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2003. № 58. P. 54-61.

A more precise definition to the devised earlier mathematical model of the oral glucose tolerance test was carried out. In the modified model, instead of the earlier used hypothetical function of the intestine glucose absorption, the new function of absorption, received during the solution of the subsidiary problem of mathematical modelling, was applied. This improvement raised the physiological adequacy of the model and allowed to analyze numerically the dependence of glycemic data of the test on the level of glucose load dose and the highest possible intensity of the intestine glucose absorption. The new model can find the application in clinical practice as in the diagnosis of Diabetes mellitus and the close to it states with disturbing glucose tolerance as in the diagnosis of the intestine glucose absorption disturbances.

Fig. 4. Ref.: 14 items.

УДК 658.012.011.56

Задача определения функторов между категорными моделями информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов // Проблемы бионики: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2003. Вып. 58. С. 62-67.

В предлагаемой статье рассмотрено решения проблемы трансформации моделей проектируемой информационной системы. В качестве математического аппарата формализованного описания задачи предлагается использовать аппарат теории категорий. Сформулированы основные математические модели ковариантного функтора, описывающего переход между категорными моделями информационной системы.

Табл. 0. Ил. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 658.012.011.56

Задача визначення функторів між категорними моделями інформаційної системи / В.М. Левикін, М.В. Євланов // Проблеми біоніки. Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2003. Вип. 58. С. 62-67

В статті, що пропонується, розглянуто вирішення проблеми трансформації моделей інформаційної системи, що проектується. Як математичний апарат формалізованого опису задачі пропонується використовувати апарат теорії категорій. Сформульовані основні математичні моделі коваріантного функтора, який описує перехід між категорними моделями інформаційної системи.

Табл. 0. Іл. 1. Бібліогр.: 6 назви.

UDC 658.012.011.56

The task of the functors defining between models of information system / V.M. Levykin, M.V. Evlanov // Problems of Bionics. All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2003. № 58. P. 62-67

In this article the decision of developing information system models transformation problem is devoted. As mathematical apparatus for the task formalized describing the using of category theory apparatus is proposed. The base mathematical models of the covariant functor, which describe categorical information system models transformation are given.

0 tab. 1 fig. Ref.: 6 items.

УДК 574.64:593.17

Биомониторинг водных объектов с помощью инфузорий Tetrahymena pyriformis как тест-системы / Е.В. Усенко // Проблемы бионики: Всеукр. межвед. Науч.-техн. сб. 2003. Вып. 58. С. 68-72.

Для биомониторинга воды с помощью инфузорий Tetrahymena pyriformis проведены исследования по выбору условий билтестирования: оптимальной температуры, возраста тест-объекта и установления метрологических характеристик метода. На основании проведенной апробации на разных категориях вод метод рекомендовано для определения токсичности воды.

Табл. 3. Ил. 1. Библиогр.: 9 назв.