

**ABOUT CATEGORY APPROACH TO DEVELOPMENT OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES FOR SUPPORT EDUCATION**

Reznik S.

International Research and Training Center for Information  
Technologies and Systems, Kiev, Ukraine

*A category approach to development of information technologies for  
support education is described.*

**О РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ  
ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАНИЯ В РАМКАХ ТЕОРИИ КАТЕГОРИЙ**

Резник С.В.

Международный научно-учебный центр информационных  
технологий и систем, Киев, Украина

*Описан подход к разработке информационных систем для  
поддержки образования в рамках теории категорий*

**Введение**

Изучение аспектов задачи проектирования информационных систем предполагает уточнение самого понятия информационной системы. Информационную систему можно определить как систему, обработка информации в которой имеет следующие характерные черты:

- разделение информации (по крайней мере) на два вида: проблемно-ориентированную информацию, на основе которой система выдает практически необходимые результаты, и управляющую информацию, на основе которой выбирается (или конструируется) способ получения конкретного результата;
- комплексный характер управляющей информации, т.е. наличие в ней внутренней структуры, обеспечивающей настройку различных этапов процесса получения решения, количества этих этапов, последовательности их выполнения, а также видов обработки информации на разных этапах;
- существенно динамическая структура системы, т.е. возможность изменения модели ПО в любой момент проектирования и сопровождения системы.

Специфика конкретной предметной области находит отражение в специализированных информационных технологиях, например, организационное управление, управление технологическими

процессами, автоматизированное проектирование, обучение и др. Актуальным вопросом на сегодняшний день является применение информационных технологий в образовании.

Под образовательной технологической системой (Learning Technology System – LTS) понимается образовательная система, включающая средства ИТ-поддержки. Данное понятие введено Комитетом по стандартизации образовательных технологий (Learning Technology Standards Committee – LTSC) IEEE и покрывает множество ИТ и компьютерных систем, предназначенных для решения задач образования, обучения, тренажа, профессиональной подготовки, повышения квалификации, обеспечения учебной деятельности и т.п.

Концептуальной основой развиваемых LTSC решений в области унификации образовательных ИТ служит архитектура LTS (Learning Technology Systems Architecture – LTSA)

#### **Постановка задачи**

Успешное внедрение информационных технологий связано с возможностью их типизации. Конкретная информационная технология обладает комплексным составом компонентов, поэтому целесообразно определить ее структуру и состав. Ряд особенностей теории категорий позволяют говорить о том, что она может обеспечивать адекватный базис для развития теорий информационных систем.

В теории категорий рассматриваются не отдельные множества, с какой либо структурой, а в поле зрения одновременно включаются все одинаково структурированные состояния, которые можно разделить на отдельные классы состояний, отождествив их с содержательными понятиями исследуемой системы. Это значит, что совокупность всех одинаково структурированных множеств (другими словами, множеств вместе с заданной на них *аксиоматикой*) составляет класс объектов категории, класс состояний системы. Аксиоматика математической структуры (отношения, топологии, законы композиции и т.д.), используемой для моделирования состояний системы и определяющая категорию, задает семантику системы и выделяет рассматриваемую систему среди других систем.

При категорном описании сложных систем должны выполняться следующие условия. [2]

1). Каждой упорядоченной паре состояний системы  $(A, B) \in St\Sigma \times St\Sigma$  отвечает множество  $Mor_\Sigma(A, B) \subset Mor\Sigma$  переходов (морфизмов) структуры системы из состояния  $A$  в состояние  $B$ . При этом состояния системы (объекты категории)  $A$  и  $B$  представляют собой структурированные множества элементов  $a_i \in A, i = \overline{1, n}$  и  $b_j \in B, j = \overline{1, m}$ . Каждый переход  $\alpha \in Mor\Sigma$  это подмножество пар отношений

$$\alpha = \{(a_i, b_j) / a_i \in A, b_j \in B\} \subset A \times B$$

Переход  $\alpha$  принадлежит одному и только одному множеству переходов  $Mor_\Sigma(A, B)$  из состояния  $A$  в состояние  $B$ , где  $(A, B) \in St\Sigma$ . Не исключается случай, когда множество переходов из состояния  $A$  в состояние  $B$  пусто, тогда  $Mor_\Sigma(A, B) = \square$  для некоторых  $A$  и  $B$ .

2) Для морфизмов, как для отношений, определена операция композиции или “умножения”, совпадающая с последовательным осуществлением переходов (функционированием) системы  $\Sigma$  из одного состояния в другое. Для каждой тройки состояний системы  $A, B, C \in St\Sigma$  и переходов  $\alpha : A \rightarrow B \in Mor_\Sigma(A, B)$ ,  $\beta : B \rightarrow C \in Mor_\Sigma(B, C)$  естественным образом вводится операция  $\gamma = \alpha * \beta$  последовательного перехода системы (операция композиции, или умножения отношений) из состояния  $A$  в состояние  $C$   $\alpha * \beta = \gamma : Mor_\Sigma(A, C)$ . Здесь операция композиции переходов  $\alpha * \beta \in Mor_\Sigma(A, C)$  – это отношение

$$\gamma = \alpha * \beta = \{(a, c) / a \in A, c \in C\} \subset A \times C$$

тогда и только тогда, когда существует элемент  $b \in B$  такой, что одновременно

$$\alpha = \{(a, b) / a \in A, b \in B\} \subset A \times B \text{ и}$$

$$\beta = \{(b, c) / b \in B, c \in C\} \subset B \times C.$$

Композицию переходов системы  $\Sigma$  можно интерпретировать так. Если существуют переходы от структурированного состояния  $A$  к

структурированному состоянию  $B$  и от  $B$  к  $C$ , то тем самым однозначно определяется переход от структурированного состояния  $A$  к структурированному состоянию  $C$ . Это означает коммутативность диаграммы, иллюстрирующей композицию переходов структурированных состояний системы (рис. 1), которую также можно интерпретировать как способы сравнения состояний системы: если состояние  $A$  сравнивается с  $B$ , а  $B$  с  $C$ , то автоматически возможно сравнение состояния  $A$  с состоянием  $C$ .

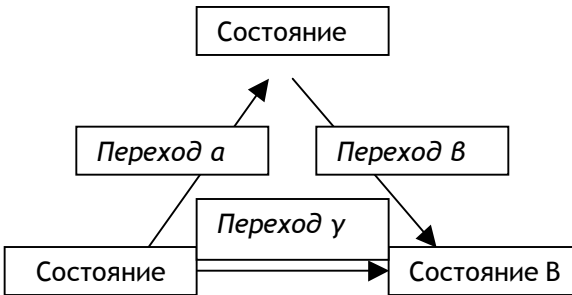


Рис. 1 Диаграмма композиции переходов структурированных состояний системы

Следовательно, композиция двух переходов  $\alpha$  и  $\beta$  определена только в том случае, если образ перехода  $\alpha$  совпадает с прообразом перехода  $\beta$ . Это значит, что композиция переходов системы возможна только при выполнении равенства  $im(\alpha) = coim(\beta)$ , то есть операция композиции условна и накладывает на систему  $\Sigma$ , рассматриваемую как целое, довольно серьезное ограничение. Это дополнительное ограничение теории категорий о возможности композиции морфизмов обеспечивает целостный взгляд на внутренние процессы, которые могут протекать в системе.

3). Композиция переходов системы  $\Sigma$  ассоциативна, т.е.  $(\alpha * \beta) * \gamma = \alpha * (\beta * \gamma)$

для любых  $\alpha \in Mor_{\Sigma}(A, B), \beta \in Mor_{\Sigma}(B, C), \gamma \in Mor_{\Sigma}(C, D)$ . Ассоциативность композиции переходов означает, что переходы по разным путям должны приводить к одному и тому же состоянию системы (давать одинаковый результат).

4). Для каждого состояния  $A \in St\Sigma$  существует тождественный переход  $id(A, A) \in Mor_\Sigma(A, A)$ , называемый единичным, такой, что  $id(A, A) * \alpha = \alpha, \alpha \in Mor_\Sigma(A, B)$  и  $\beta * id(A, A) = \beta, \beta \in Mor_\Sigma(C, A)$  и  $A, B, C \in St\Sigma$ . Морфизм  $id(A, A)$  — это тождественное отношение  $id(A, A) = \{(a, a) / a \in A\} \subset A \times A$ , сохраняющее состояние системы.

### Примеры

Морфизмы – это *отношения* между состояниями, сохраняющие математическую структуру состояний системы. Частный случай отношений представляют собой обычные функции, а также отображения. При этом каждая система характеризуется вполне определенным, присущим только ей, классом морфизмов. Например, морфизмами структуры множеств с разбиениями на классы эквивалентности являются отношения, переводящие каждый класс разбиения одного множества целиком в некоторый класс разбиения другого множества так, что разные классы эквивалентности преобразуются в разные.

Таким образом, сложная система представляется некоторой категорией, объединяющей класс объектов (класс состояний) и класс морфизмов (переходов между состояниями). Объекты категории эксплицируют состояния системы, а переходы между допустимыми состояниями представляемой системы отождествляются с морфизмами категории.

У объектов разных классов в общем случае свойства различны, но некоторые из свойств или операций могут совпадать. Множество всех потенциальных объектов, которые могут удовлетворять спецификации (интенционалу) класса, является его экстенционалом. Множество имен свойств и методов объектов класса можно определить как его схему. Таким образом, можно считать, что *класс объектов* — это некоторое понятие, которое имеет интенционал, экстенционал, схему, методы и может принимать и передавать сообщения.

Спецификации классов также могут рассматриваться как некоторые абстрактные объекты некоторого класса, который называется *метаклассом*.

Иерархия понятий строится следующим образом. В качестве наиболее общего понятия или категории берется понятие, имеющее наибольший экстенсионал (объем) и, соответственно, наименьший интенционал (содержание). Это самый высокий уровень абстракции для данной иерархии. Затем данное общее понятие конкретизируется, то есть уменьшается его экстенсионал и увеличивается интенционал. Появляется менее общее понятие, которое на схеме иерархии будет расположено на уровень ниже исходного. Этот процесс конкретизации понятий может быть продолжен до тех пор, пока на самом нижнем уровне не будет получено понятие, дальнейшая конкретизация которого в данном контексте либо невозможна, либо нецелесообразна.

### **Выводы**

Использование категорного подхода переносит акцент с "застывших" макросостояний системы, что характерно для теоретико-множественного подхода, на различные формы их движений и преобразований.

Возможность переводить изучение внутренней структуры в изучение внешних связей объясняет значение теории категорий в изучении сложных систем.

Применение теории категорий при проектировании информационных систем обеспечивает определение, соотнесение, организацию управления данными и метаданными, фиксацию алгебраических языков, средства задания семантик проектируемых языков, способы настройки семантик объектов на особенности ПО и их генерации в ходе решения задачи.

Категорный подход в рамках развития электронной системы образования позволяет провести структуризацию и автоматизацию процессов, что в целом позволяет усовершенствовать развитие теорий информационных систем, тем самым повысить качество их разработки.

### **Литература**

1. Букур И., Деляну А.. Введение в теорию категорий и функторов – М.: "Мир", 1972. - 259с
2. Ломако Е. И.. Математические и понятийные средства системантики - М.: Системная Энциклопедия, 2008. – 112с

3. A. Asperti, G. Longo. Categories types and structures. An Introduction to Category Theory for the working computer scientist - Foundations of Computing Series: m.i.t. press, 1991. -295p