

А.В. МАКАРОВ

**Разработка интегративной модели
учебно-образовательной
информации**

УДК 004.04:004.822

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Муром

В статье анализируются вопросы формализации учебно-образовательной информации и проектирования и разработки соответствующих моделей. Приводится обзор современных методов и моделей формализации предметной области и анализ их применимости в решении задач формализации учебно-образовательной информации. Рассматриваются текущие противоречия, возникающие в решении задач формализации учебно-образовательной информации. Обосновывается выбор базовой модели и интегративного подхода для проектирования и разработки модели предметной области в рамках информационно-образовательной системы. Обозначены ключевые преимущества разработанной модели.

В настоящее время рост востребованности сетевых многопользовательских информационно-образовательных систем рождает закономерную необходимость исследования ряда актуальных вопросов связанных с их разработкой. Следует выделить две фундаментальные составляющие проектирования и разработки информационно-образовательных систем подлежащих рассмотрению: методы и модели формализации предметной области (учебно-образовательной информации), методы и алгоритмы обработки учебно-образовательной информации, представленной формальными средствами. Эффективность разрабатываемых методов и алгоритмов обработки учебно-образовательной информации в значи-

тельной степени зависит от эффективности применяемых методов и моделей на этапе ее формализации.

Несмотря на достаточную проработанность вопроса выбора методов формализации и моделей учебно-образовательной информации, при практической реализации существующих подходов разработчики и конечные пользователи информационно-образовательных систем сталкиваются со сложностями, обусловленными рядом противоречий. Наиболее значимыми из них являются:

- методы и модели формализации информации о предметной области, применяемые в интеллектуальных системах, позволяют наиболее полно сохранить целостность исходного знания, однако сложны для практической реализации и использования;

- реляционные модели, применяемые при решении подавляющего числа задач формализации информации о предметной области, обладают простотой практической реализации, однако в силу специфики учебно-образовательной информации использование соответствующих моделей приводит к нарушению целостности исходной информации и значительному снижению производительности базовых операций записи/чтения;

- существующие подходы дискретизации информации о предметной области при ее формализации посредством использования моделей предметной области и моделей ученика, упрощает их практическую реализацию, однако приводит к ослаблению возможностей дальнейшего анализа информации, порождаемой учащимися в процессе работы с информационно-образовательной системой.

Анализ причин возникновения рассматриваемых противоречий и дальнейшую выработку решений по их преодолению имеет смысл начать с определения непосредственно сущности учебно-образовательной информации и её базовых моделей.

Учебно-образовательная информация представляет собой связанную совокупность дидактического материала (учебного и контрольного материалов), результатов образовательной деятельности учащихся и требований федеральных государственных образовательных стандартов. При этом семантико-логические отношения между единицами учебно-образовательной информации образуют собой ориентированную сетевую графовую структуру. Исключи-

тельная роль семантико-логических отношений между концептами учебно-образовательной информации продиктована особенностями предметной области — структура смысловых взаимосвязей между дидактическими единицами, образованная в частности межпредметными и внутрипредметными взаимосвязями, определяет эффективность выполнения основополагающих процедур расчета траектории обучения и контроля уровня усвоения учебного материала. В отличие от большинства интеллектуальных систем, где операции формализации предметной области выполняются редко по сравнению с процедурами анализа формализованной информации, в информационно-образовательной системе требует постоянное обновление хранимой учебно-образовательной информации. Рассмотренная особенность информационно-образовательных систем обусловлена требованием постоянной формализации информации, порождаемой учащимися в процессе обучения (результаты образовательной деятельности учащихся), при этом выполняя интеграцию вновь получаемой информации с уже хранимой.

Общепризнанными методами структурирования и структурного анализа содержания обучения на сегодняшний день являются: метод структурно-логических связей, метод структурно-логических матриц или метод матриц логических связей, а также, так называемый, метод графов. Приведенные методы структурирования содержания обучения подчеркивают определяющую роль семантико-логических взаимосвязей между единицами учебно-образовательной информации, представляющих собой ориентированную сетевую графовую структуру.

Среди базовых моделей предметной области, применяемых для формализации учебно-образовательной информации, отметим получившие наиболее широкое применение [1, 2]:

1. *Сетевая модель* (семантическая сеть) — это ориентированная графовая структура, каждая вершина которой отображает некоторое понятие (объект, процесс, ситуацию), а ребра графа соответствуют отношениям типа «основывается на», «необходимо для изучения», «содержит в себе», «состоять в», «быть как» и аналогичным между парами понятий.

2. *Онтологическая модель* — формальное декларативное представление предметной области, включающего в себя концепты

предметной области и логические утверждения, которые описывают то, что собой представляют эти концепты и как они связаны и соотносятся друг с другом.

3. *Фреймовая модель* — основывается на таком понятии как фрейм. Фрейм – структура данных для представления некоторого концептуального объекта. Информация, относящаяся к фрейму, содержится в составляющих его слотах. Слоты могут быть терминальными либо являться сами фреймами, т.о. образуя целую иерархическую сеть.

4. *Продукционная модель* — модель основанная на правилах, позволяет представить знание в виде предложений типа: «если условие, то действие». Продукционная модель обладает тем недостатком, что при накоплении достаточно большого числа (порядка нескольких сотен) продукций они начинают противоречить друг другу.

Сегодня традиционным считается подход, подразумевающий разделение моделей предметной области по характеру хранимой информации; иерархия рассматриваемых моделей имеет вид [4, 5]:

1. Модель учебного материала;
2. Модель контрольно-измерительного материала;
3. Модель ученика;
 - a. Поведенческая модель;
 - b. Нормативная модель;
 - c. Прогнозируемая модель.

Разделение информации о предметной области в процессе ее формализации в рамках информационно-образовательных систем посредством использования нескольких моделей обеспечивает снижение трудоемкости разработки методов и алгоритмов её обработки и анализа, однако приводит к нарушению целостности, что влечет за собой значительное уменьшение количества производных характеристик, получаемых путем анализа учебно-образовательной информации. Множество так называемых латентных, неявных параметров необходимых для оптимального управления процессом обучения зачастую сложно получать в том случае, если их явное сохранение при формализации не предусмотрено соответствующей моделью.

Расширение требований к методам и алгоритмам управления процессом обучения порождает актуализацию дальнейшего исследования вопросов выработки подходов к формализации и проектированию моделей учебно-образовательной информации. Очевидным решением рассматриваемых противоречий является создание единой интегративной модели, совмещающей в себе одновременно практическую и простоту реляционных моделей данных и целостность семантико-логической структуры моделей, применяемых в интеллектуальных информационных системах.

В качестве основы разработки интегративной модели учебно-образовательной информации, по результатам анализа современных подходов к проектированию содержания обучения, выберем сетевую (семантическую) модель, в формальном виде представляемая как:

$$M = \langle Q, C, G \rangle, \text{ где } \#$$

Q — множество информационных единиц;

R — множество типов связей между информационными единицами;

G — отображение, задающее конкретные отношения из имеющихся типов Q между элементами Q .

В нашем исследовании, когда в качестве предметной области выступает учебно-образовательной информации, будем понимать:

– под множеством информационных единиц — множество информационных единиц учебно-образовательных материалов и результатов образовательной деятельности учащихся;

– в качестве множества типов связей между информационными единицами — внутрисистемный словарь семантико-логических отношений, как составляющая интеграции содержания и результатов обучения;

– под отображением отношений между информационными единицами и типами отношений, содержащихся во внутрисистемном словаре — взвешенный ориентированный граф.

Со структурной точки зрения выбор в качестве базовой модели сетевой (семантической) модели позволяет полностью решить задачи по сохранению структурной семантико-логической целостности исходных отношений между формализуемыми информационными единицами.

С точки зрения непосредственно содержательной составляющей формализуемой информации необходимо в разрабатываемой модели предусмотреть возможность детализации информационных единиц и отношений между ними посредством их описания некоторым множеством свойств. Иными словами каждой информационной единице и каждому отношению между ними должно быть поставлен в соответствие список пар «ключ–значение». При этом обязательными ключами являются ключи идентификации и типа информационной единицы/отношения. Как информационная единица, так и отношение между ними являются самостоятельными информационными сущностями модели [3].

Согласно этому базовая атомарная единица интегративной модели учебно-образовательной информации представлена на рисунке 1.

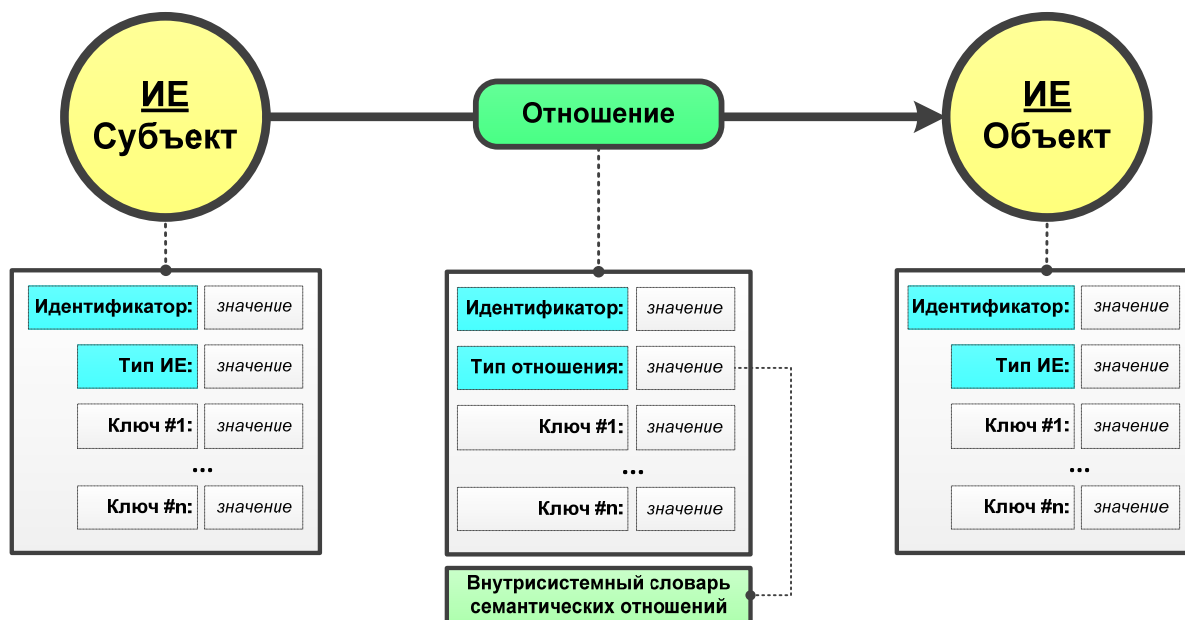


Рис. 1 — Базовая единица интегративной модели учебно-образовательной информации

Формальное описание разрабатываемой интегративной модели учебно-образовательной информации может быть представлена как $\langle Q, R, L, P, V \rangle$, где Q — множество информационных единиц; R — множество отношений/связей между информационными единицами; L — множество списков пар значений «ключ–значение» соответствующих элементам множеств Q и R ; P — множество типов свойств; V — множество значений свойств. Множества, объединен-

ные в информационную модель, описываются следующими выражениями:

$$Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_n\},$$

$$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_k\},$$

$$L = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_{n+k}\},$$

$$I_i = \{(p, v) | p \in P, v \in V\},$$

$$T = \{(q_i, I_i) | i = \overline{1, n}\} \cup \{(r_j, I_j) | j = \overline{1, k}\},$$

где T — множество пар соответствий ИОР или связей между ИОР и списками пар значений «ключ–значение».

Подобно механизму проектирования таблиц в реляционных СУБД, на базе предлагаемой модели удобно строить паттерны, представляющие из себя шаблоны взаимосвязей типизированных информационных единиц. На рисунке 2 представлен примерный паттерн, наглядно иллюстрирующий принцип интегративности содержания и результатов обучения.

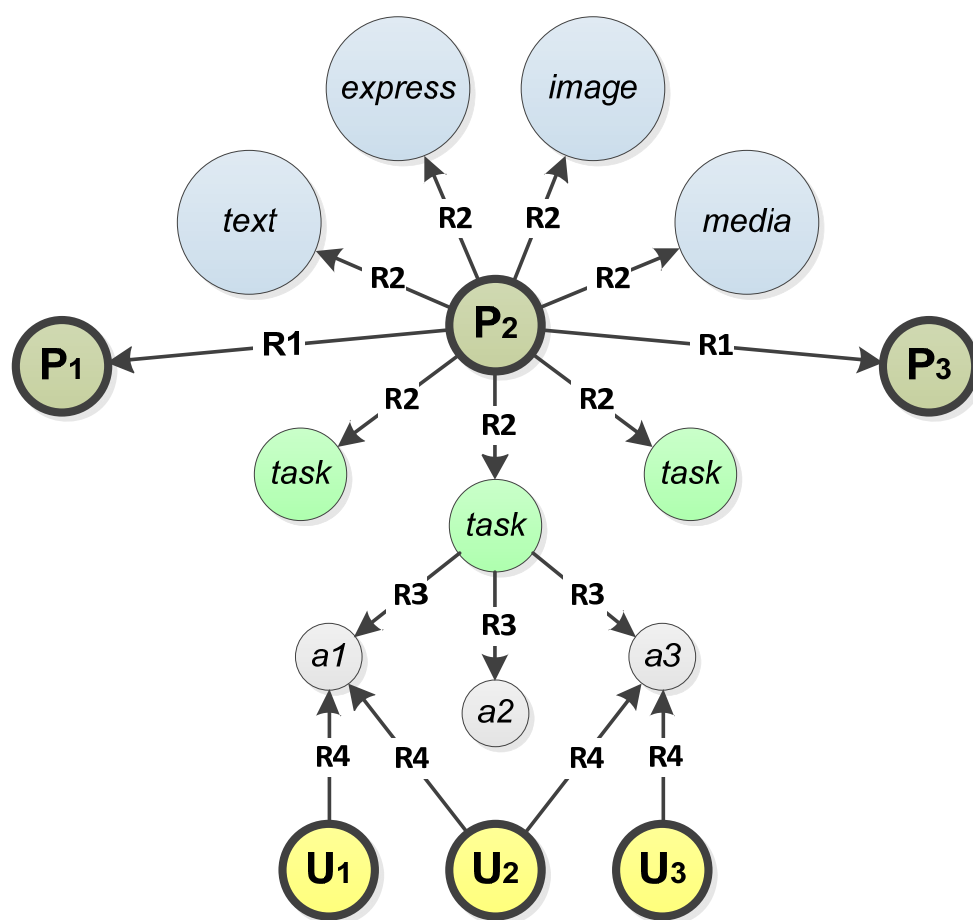


Рис. 2 — Примерный паттерн взаимосвязи информационных единиц интегративной модели учебно-образовательной информации

На рисунке 2 приняты следующие условные обозначения:

1. Информационные единицы (узлы графа)
 - a. P_n — информационная единица типа «Параграф»;
 - b. U_n — информационная единица типа «Учащийся»;
 - c. *text* — информационная единица, содержащая текстовую информацию;
 - d. *express* — информационная единица, содержащая математическую формулу/выражение;
 - e. *image* — информационная единица, содержащая графическую информацию;
 - f. *media* — информационная единица, содержащая мультимедиа информацию;
 - g. *task* — информационная единица типа «Задача»;
 - h. aN — информационная единица типа «Ответ на задачу»;
2. Отношения между информационными единицами (ребра графа)
 - a. $R1$ — отношение типа «Основывается на»
 - b. $R2$ — отношения типа «Состоит из»;
 - c. $R3$ — отношение типа «Имеет ответ»;
 - d. $R4$ — отношение типа «Выбрал ответ».

Разработанная модель является предельно гибкой при решении задач структурирования учебного материала и обеспечения его смысловой связанности с другими формализуемыми информационными единицами предметной области. Рассматриваемая модель позволяет накапливать и обеспечивать семантико-логическую взаимосвязанность продуцируемой учащимся информации с уже имеющейся, тем самым обеспечивая целостность и непротиворечивость хранимой учебно-образовательной информации.

Полная поддержка сохранения и детализации семантико-логических отношений между дидактическими единицами учебно-образовательной информации (межпредметные и внутриспредметные взаимосвязи) обеспечивает полноту структурного анализа содержания и результатов обучения, что повышает эффективность оптимизации индивидуальных образовательных траекторий.

Отказ от разделения посредством нескольких моделей исходной информации о предметной области в пользу интегративной модели учебно-образовательной информации позволил решить ряд задач. Интегративное хранение результатов образовательной деятельности всех учащихся совместно с содержанием обучения обеспечивает повышение эффективности выполнения таких процедур как:

- определение минимального уровня усвоения единиц учебного материала на основе результатов статистического и структурного анализа учебно-образовательной информации;
- оптимизация содержания и индивидуальных траекторий обучения.

С практической точки зрения разработанная интегративная модель учебно-образовательной информации успешно реализована на базе графовой СУБД Neo4J. Результаты проведенных исследований разработанной модели на предмет производительности показывают значительный выигрыш в скорости выполнения базовых операций чтения/записи информации при использовании графовой СУБД в сравнении с реляционной, что позволяет говорить о возможности внедрения результатов разработки в эксплуатацию [4].

Литература

1. *Елисеева Н.В.* Разработка метода и средств представления модели знаний в задачах автоматизированной конструкторско-технологической подготовки производства // Дисс... канд. техн. наук, М.: 2007. — 159 с.
2. *Карпенко А.П., Добряков А.А.* Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор // Наука и образование. — 2011, №7. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/193116.html> (дата обращения: 27.04.2012).
3. *Макаров А.В., Ан А.Ф.* Концептуальные основы проектирования информационно-образовательной среды непрерывного физического образования // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5211 (дата обращения: 06.02.2012).
4. *Макаров А.В.* Вопросы применения NoSQL СУБД информационно-образовательных системах // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2012. №19. С. 78-83.
5. *Атанов Г.А.* Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого / Г.А. Атанов // Educational Technology & Society, 2001, 4(1), P. 111-124. (http://ifets.ieee.org/russian/depository/v4_i1/html/4.html).