

Онтологии в инструментальных средствах создания электронных образовательных ресурсов

Игорь Петрович Норенков, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана

Николай Константинович Соколов, инженер МГТУ им. Н.Э. Баумана

Михаил Юрьевич Уваров, инженер МГТУ им. Н.Э. Баумана

СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ, ВЫПОЛНЯЕМОГО С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ УЧЕБНЫМИ РЕСУРСАМИ — УЧЕБНИКАМИ, УЧЕБНЫМИ ПОСОБИЯМИ, СПРАВОЧНИКАМИ, ПРИКЛАДНЫМИ ПРОГРАММАМИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ И Т.П. ЭТИ РЕСУРСЫ СОЗДАЮТСЯ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СИСТЕМ. В СТАТЬЕ ИЗЛАГАЮТСЯ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, АДАПТИРУЕМЫХ К ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ОСОБЕННОСТЯМ И ЗАПРОСАМ ОБУЧАЕМЫХ.

Информатизация и компьютеризация оказывают революционизирующее влияние на различные области человеческой деятельности. Но наиболее существенно их воздействие на интеллектуальные сферы жизнедеятельности людей, на технологии накопления, использования и распространения знаний, включая образовательные технологии. Одной из основных проблем образования, решению которой должны помочь информационные технологии, является проблема обеспечения должного уровня качества обучения. В свою очередь, качество обучения в значительной мере определяется качеством образовательных ресурсов, и прежде всего качеством используемых учебников и учебных пособий.

учебных занятий, оптимальность объёма материала, предъявляемого обучаемому¹. Традиционные дидактические требования характеризуют такие свойства информационных образовательных ресурсов, как научность, доступность, проблемность, наглядность, активизация деятельности, адаптивность, интерактивность².

При этом *научность* заключается в обеспечении достаточной глубины, корректности и научной достоверности изложения содержания учебного материала. *Доступность* означает недопустимость чрезмерной усложнённости и перегруженности учебного материала, при которых овладение материалом становится непосильным для учащихся. *Проблемность* подразумевает постановку актуальных учебных проблем, требующих решения. *Наглядность* и *полисенсорность* имеют место при использовании чувственного восприятия изучаемых объектов. *Адаптивность* характеризует приспособляемость образовательного ресурса к индивидуальным особенностям учащегося. *Интерактивность* отражает возможности взаимодействия учащегося с образовательным ресурсом. Очевидно, что свойства полисенсорности, адаптивности и интерактивности достигаются

Качество образовательных ресурсов характеризуется большим числом показателей, отражающих актуальность материала, его структуру, соответствие требованиям государственных образовательных стандартов, полноту охвата видов

¹ Фёдоров И.Б., Норенков И.П. Критерии качества дистанционного обучения и структура электронных учебников. http://portal.ntf.ru/BolonskProcess/NFPK-MONI/ko-ob_r_stat_sbor.doc.

² Баврин П.А. Методические рекомендации по комплексной оценке качества информационных образовательных ресурсов // Федеральный портал «Социально-гуманитарное и политологическое образование», 2004. <http://humanities.edu.ru/db/msg/74844>.

только при использовании компьютерных технологий.

К числу показателей относят также ряд технологических, психологических, эргономических характеристик, примерами которых могут служить цветовая палитра при визуализации материала, выделение и подчёркивание важных фрагментов, дружелюбность интерфейса (подсказки, надписи, справки), размер шрифта и т.п.

Среди названных показателей качества ЭОР важнейшими являются доступность, научная строгость, полнота. Это в определённой мере конфликтные показатели. Для поиска удачных компромиссных решений необходимо приспособлять процесс обучения к уровню знаний и умений, к психологическим особенностям обучаемых. Другими словами, необходимо применять *адаптивные среды* формирования образовательных ресурсов.

В таких средах должны формироваться учебные пособия, соответствующие индивидуальным характеристикам обучаемых и индивидуальным условиям обучения. Оптимальные уровни строгости, подробности, стиля изложения будут различными для выпускников физико-математических и рядовых школ, для людей с нормальными и ограниченными возможностями здоровья, для впервые изучающих предмет и повторяющих материал, для очного и заочного образования. Другими словами, нужна адаптация как к уровню предварительной подготовки обучаемого, так и к его конкретным запросам. Кроме этих видов адаптации, необходимо предусматривать адаптацию учебного материала к достигнутому уровню развития соответствующей предметной области, что особенно важно для быстроразвивающихся приложений.

Для реализации рассмотренных видов адаптации требуется разработка соответствующих технологий и реализующих их программных средств. В данной статье представлены результаты разработки одной из адаптивных образовательных информационных технологий — технологии разделяемых единиц контента (ТРЕК) и инструментальной системы синтеза электронных образовательных ресурсов БИГОР.

Основные определения

Среда создания образовательных ресурсов является компонентом информационно-образовательной среды (ИОС). *Информационно-образовательная среда* в широком смысле слова — это педагогическая система и её обеспечение, т.е. подсистемы материально-техническая, финансово-экономическая, нормативно-правовая, управленческая и маркетинговая³. В ИОС реализуются функции электронной библиотеки, электронного деканата, контроля знаний, документирования, кадрового учёта. Более частное толкование понятия ИОС связывает его с совокупностью учебно-методических материалов, прежде всего электронных образовательных ресурсов, средств их разработки, сопровождения, доставки, представления.

Электронный образовательный ресурс (ЭОР) — документальное и/или программное средство, используемое в учебном процессе для получения знаний обучаемыми, развития умений и навыков их полезной деятельности и представленное в электронном виде. Практически синонимом ЭОР является *компьютерное средство обучения (КСО)*, которое определяется как программное средство или комплекс, предназначенный для решения определённых педагогических задач, имеющий предметное содержание и ориентированный на взаимодействие с обучаемым⁴. Понятие образовательного ресурса расширяется за счёт включения в него таких составляющих, как администрирование учебного процесса, консультационная поддержка, сопровождение баз учебных материалов и т.п.⁵.

Частный и наиболее важный случай ЭОР — электронный учебник или электронное учебное пособие, для которых будем использовать совокупное обозначение ЭУИ — *электронное учебное издание*. Это программно-информационная система, предназначенная для самостоятельной, прежде всего теоретической подготовки с помощью компьютера

³ Педагогика в современных информационно-образовательных средах. <http://www.prosv-ipk.ru/Catalog/show.aspx?OID=EncElem:559808>

⁴ Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Филинь, 2003.

⁵ Информатизация образования: направления, средства, технологии / Под ред. С.И. Маслова. М.: Изд-во МЭИ, 2004.

Отношения между SCO не фиксированы, их устанавливает не разработчик базы учебных материалов, а разработчик каждого конкретного пособия.

Автоматизированная обучающая система (АОС) — это согласованная совокупность учебных материалов, средств их разработки, хранения, передачи и доступа к ним, предназначенная для целей обучения и основанная на использовании современных информационных технологий. В структуре АОС имеются следующие подсистемы:

- поисковая;
- работы с учебным материалом;
- генерации задач;
- управления учебным процессом;
- регистрационная;
- модели обучаемых;
- преподавательский интерфейс.

Упомянуто о пользе тезауруса, но его наличие не связывается с процедурами построения ЭУИ и поисковых подсистем. Состав подсистем АОС выглядит так: подсистема представления учебной информации; инструментальная; управления обучением (Learning Management System — LMS); тестирующая; настройки (адаптации); доставки материалов обучаемым. Функции ИОС определяются как планирование и администрирование, поддержка создания ЭУИ, тестирование и оценка знаний обучаемых, коммуникации участников учебного процесса, поиск информации и некоторые другие¹¹.

Неоднозначная терминология используется в отношении структурных единиц учебных материалов.

В одной из распространённых иерархических структур изданий, как традиционных, так и электронных, принято выделять уровни глав, разделов, подразделов. Элементарный (неделимый) фрагмент структуры в случае ЭУИ называют *кадром* или *статьёй*. Совокупность кадров, выделенная с той или иной целью, носит название *модуль*. В то же время термин «модуль» используют для именования элементарного фрагмента ЭУИ. Используется следующая иерархия структурных частей базы учебных материалов и ЭУИ: Curriculum, Course, Chapter, Subchapter, Module, Lesson, Topic, Sequence, Frame. Object¹². Она может быть сокращена за счёт исключения некоторых из уровней.

В дальнейшем термин «модуль» будем использовать для именования элементарного неделимого фрагмента учебного материала, т.е. как синоним понятия разделяемой единицы контента.

Технологии создания ЭУИ

Создание ЭУИ производится с помощью *инструментальных систем* (ИС). В зависимости от типа структуры формируемых ЭУИ различают несколько технологий и соответствующих им типов ИС.

Технологии создания ЭУИ последовательной и иерархической структур описаны многими авторами. Одни для создания электронного учебника выделяют пять этапов:

1. Разработка сценария.
2. Детализация сценария, определение содержания разделов, формулировка предложений по представлению учебного материала.
3. Реализация.
4. Инсталляция, тиражирование.
5. Сопровождение¹³.

Другие последовательность этапов разработки ЭУИ видят следующим образом:

1. Определение целей и задач разработки.
2. Разработка содержания по разделам и темам ЭУИ.
3. Подготовка сценариев отдельных программ ЭУИ.
4. Программирование.
5. Аprobация.
6. Корректировка по результатам аprobации.
7. Подготовка методического пособия для пользователя¹⁴.

¹¹ Шереметов Л.Б., Усков В.Л. Виртуальные образовательные среды. // Информационные технологии (приложение). 2002. № 5.

¹² CMI Guidelines for Interoperability AICC. Revision 3.4, 2000. — AICC CMI Subcom-mittee (http://dcs.isa.ru/www/vladimirv/scorm1_2/resources/cmi001v3-4.pdf)

¹³ Информатизация образования: направления, средства, технологии / Под ред С.И. Маслова. М.: Изд-во МЭИ, 2004.

¹⁴ Электронный учебник — современное средство обучения. <http://www.gmk-abakan.ru/informobr/gorodskie-seminary/elektronnyj-uchebnik-sovremennoe-sredstvo-obucheniya/>

В случае иерархической структуры разделение изучаемого материала производится на два или более уровней по сложности либо подробности изложения. В случае дифференциации по сложности изложения проектирование ЭУИ начинается с прогнозирования профиля (уровня подготовленности) обучаемых. Первый уровень изложения рассчитан на наименее подготовленных и потому является в той или иной мере упрощённым. Для продвинутых обучаемых предусмотрен материал второго уровня, позволяющий освоить предмет более глубоко.

В случае дифференциации по степени подробности материал на первом уровне изложен весьма сжато. Степень подробности на последующих уровнях возрастает (например, за счёт большего числа привлекаемых аналогий, поясняющих примеров и т.п.), и обучаемый в зависимости от своих индивидуальных потребностей (или от результатов промежуточного тестирования знаний) может выбирать соответствующую траекторию изучения предмета.

Электронное учебное издание последовательной или иерархической структуры создаётся автором (или коллективом авторов), а практикующие локальные преподаватели непосредственного участия в создании ЭУИ не принимают. При выполнении этапов разработки пособия авторы ориентируются на некоторого усреднённого по своей подготовленности и запросам обучаемого. Содержание и структура формируемого пособия последовательной структуры не рассчитаны на учёт индивидуальных особенностей и запросов обучаемых. В случае иерархической структуры имеется определённая степень вариативности, а следовательно, и адаптивности в маршрутах обучения. Однако число вариантов маршрутов обычно ограничено.

Таким образом, недостатки ЭУИ последовательной или иерархической структуры (рис. 1), с точки зрения адаптивности, следующие:

1. Ограниченные возможности отражения множества вариантов адаптации (индивидуальных траекторий обучения).
2. Все модули вновь разрабатываемого ЭУИ также разрабатываются заново, предыдущие разработки могут рассматривать-

ся только как некоторые прототипы для новой разработки.

3. В иерархических структурах обычно не конкретизируется принцип выделения уровней (по сложности или подробности изложения).

В связи с этим, несмотря на наличие определённых черт адаптивности в ЭУИ иерархической структуры, будем называть рассмотренные технологии неадаптивными.

Признаком адаптивности технологий создания ЭУИ и соответствующих им инструментальных сред является высокая степень вариативности обеспечиваемых маршрутов обучения при возможности настройки маршрутов (автоматической или ручной) локальным преподавателем (тьютором) или самим обучаемым.

Возможности адаптации существенно зависят от способа структурирования материала ЭУИ, а именно от размера учебных модулей и от системы межмодульных связей.

При крупномодульной структуре число модулей невелико, разработка ЭУИ упрощается, однако адаптационные возможности технологии оказываются весьма ограниченными. С уменьшением размера модулей вариативность траекторий изучения материала и степень адаптивности возрастают.

В адаптивных технологиях создаются ЭУИ с настраиваемыми межмодульными связями. Настройка может осуществляться преподавателями и самими обучаемыми (например, при самостоятельном повышении квалификации). Модули, как правило, имеют сравнительно небольшой размер и перестают быть привязанными к одному электронному учебнику, могут использоваться многократно в разных ЭУИ, т.е. становятся разделяемыми единицами контента (РЕК).

В зависимости от характера отношений между элементами базы ЭОР целесообразно различать два типа адаптивных технологий создания ЭУИ.

Первый тип реализован в модели SCORM и потому далее будет называться технологией SCORM. Её преимущества перед неадаптивными технологиями заключаются, во-первых, в лёгкости адаптации ЭУИ к

изменениям в состоянии соответствующих предметных областей (для отражения в учебном процессе новых научно-технических результатов не нужно заново разрабатывать весь ЭУИ, достаточно написать новый модуль). Во-вторых, из одного и того же набора модулей можно создавать не один, а много разных ЭУИ, ориентированных на различные группы обучаемых.

Однако в технологии SCORM для того, чтобы модули можно было включать в ЭУИ в произвольных комбинациях, РЕК должны быть автономными. Обращения из одного модуля к внутреннему содержимому другого модуля с помощью межмодульных гипертекстовых ссылок, как правило, не реализуются. При формировании ЭУИ создаются лишь межмодульные отношения вида «предыдущий-последующий». Эти особенности ограничивают возможности адаптации ЭУИ, снижают связность изложения, оставляют логическую последовательность изучения понятийного аппарата предметной области вне формального контроля.

Названные недостатки в значительной мере устраняются при применении адаптивных технологий *второго типа*, основой которых является создание общего понятийного каркаса рассматриваемых предметных областей в виде семантической сети¹⁵. Семантические сети выражают онтологии предметных областей и потому этот тип технологий создания ЭУИ целесообразно называть адаптивным на базе онтологического подхода или, более кратко, технологией ТРЕК (технологией разделяемых единиц контента).

Адаптивная технология разделяемых единиц контента

При применении ТРЕК информационно-образовательная среда имеет иерархическую структуру. Верхний уровень ИОС относится к областям знаний (или направлениям подготовки специалистов в вузах). Каждая область знаний поддерживается базами ЭОР, называемыми пакетами, относящимися к отдельным дисциплинам или крупным разделам дисциплин и составляющими второй уровень иерархии. В каждом пакете имеются три основные составляющие (рис. 2):

- онтология дисциплины;
- множество РЕК, среди которых различают основные, тестовые и справочные модули;
- ЭУИ, созданные в рамках дисциплины.



Рис. 2. Структура ИОС при использовании ТРЕК

Существует несколько определений онтологии. Одно из них гласит: *онтология* — это формальное описание понятий (классов), называемых также концептами, в рассматриваемой предметной области, свойств (атрибутов, слотов, ролей) каждого понятия, включает также декларативные и процедурные интерпретации понятий и их отношений и ограничения (фасеты), наложенные на слоты. Слоты могут иметь различные фасеты, которые описывают тип, разрешённые значения, число значений (мощность) концепта и др. Другое определение, не противоречащее предыдущему, выглядит так: онтология предметной области — это система понятий, их свойств, значений свойств и отношений между понятиями, представленная формальными средствами.

Один из способов представления онтологий — *семантические сети*, вершины в которых соответствуют концептам, а дуги характеризуют отношения между концептами. Другой способ — описание онтологии в виде *тезауруса* (упорядоченного перечня используемых терминов, обозначающих концепты, с отражением семантики и связей между концептами, например, с помощью гиперссылок). Разработаны специальные языки онтологий, примерами которых могут служить язык Express (создан для целей информационной поддержки

¹⁵ Норенков И.П. Технологии разделяемых единиц контента для создания и сопровождения информационно-образовательных сред // Информационные технологии. 2003. № 8.

промышленных изделий на различных этапах их жизненного цикла и изложен в группе стандартов STEP) и языки OWL, DAML, OIL, применяемые преимущественно для целей информационного поиска в семантическом Web.

Методики формирования онтологий описаны во многих работах. С.В. Тришина, например, представляет следующую последовательность этапов:

- извлечение знаний;
- структурирование (концептуализация) знаний — разработка неформального описания знаний о данной предметной области в виде графа, таблицы, диаграммы и т.п.;
- формализация — разработка базы знаний на языке представления знаний;
- реализация (программирование) — разработка программного комплекса;
- тестирование¹⁶.

В онтологиях (семантических сетях) применяются отношения (связи) нескольких типов:

- связи типа «часть — целое», иначе называемые связями И;
- родовидовые связи, иначе называемые связями ИЛИ;
- атрибутивные связи «объект — свойство объекта»;
- временные («предыдущий — последующий», в течение, позже);
- пространственные связи (далеко от, близко от, под, над);
- каузальные связи («причина — следствие»).

Применительно к технологиям создания ЭУИ целесообразно представлять онтологии в виде тезаурусов. Обозначим:

W — множество слов и словосочетаний используемого естественного языка и других элементов (рисунков, фрагментов мультимедиа и т.п.), встречающихся в учебном материале.

T — множество терминов, соответствующих концептам (понятиям), включаемым

в онтологию приложения, и представленных в виде слов или словосочетаний, $T \subset W$. Множество **K** концептов

отличается от множества **T** тем, что одному концепту может соответствовать не один термин, а синсет (множество синонимов).

Тезаурус представляет собой частично упорядоченное множество элементов вида:

$$Z_i = (R_i \in T, X_i \subset W, E_i \subset T), i = 1 \dots n, \quad (1)$$

где R_i — термин i -го концепта, X_i — множество слов, составляющих краткое определение (текст) концепта, E_i — подмножество терминов, используемых в кратком определении для пояснения i -го концепта, n — число элементов тезауруса, равное числу учитываемых концептов.

Упорядочение определяется соблюдением условия, означающего, что в тезаурусе i -му термину должны предшествовать (быть определены ранее) все термины, входящие в E_i

$$e_{ik} \in E_i \subset R_i$$

Пояснение понятий, их свойств и характеристик содержится в модулях. В одном модуле может быть описание одного или нескольких тематически связанных понятий. Типичные размеры модулей составляют от одного абзаца до нескольких страниц текста с возможными вставками рисунков, фотографий, видеофрагментов и т.п.

Каждый модуль состоит из тела и метаданных. Метаданные представляют собой спецификацию, включающую регистрационные и интерфейсные атрибуты. К регистрационным атрибутам относятся имена авторов модуля, даты написания модуля и внесения изменений, уровень сложности, данные о сертификации модуля и т.п. Интерфейсные атрибуты служат для согласования данного модуля с другими в составе создаваемых ЭУИ и включают списки терминов, обозначающих используемые в модуле понятия. Термины и соответствующие им концепты, определяемые в модуле, называются выходными или просто *выходами* модуля. Термины и понятия, используемые в модуле для определения выходов, называются входными или *входами* модуля.

Таким образом, модуль может быть определён аналогично (1):

$$M_j = (B_j \subset T, A_j \subset T, C_j \subset W),$$

¹⁶ Тришина С.В. Теоретические аспекты проектирования баз знаний электронного учебника // Интернет-журнал «Эйдос», 2004. <http://www.eidos.ru/journal/2004/0419.htm>.

где \mathbf{B}_j — подмножество входов j -го модуля, \mathbf{A}_j — подмножество выходов j -го модуля, \mathbf{C}_j — метаданные и содержимое модуля.

Любой $b_{jl} \in \mathbf{B}_j$ должен предшествовать любому $a_{jk} \in \mathbf{A}_j$. Соблюдение этого условия при наличии предварительно разработанного тезауруса обеспечивается следующей процедурой формирования \mathbf{B}_j и \mathbf{A}_j . Сначала система автоматически формирует и предъявляет разработчику модуля исходный вариант этих подмножеств путём поиска в \mathbf{C}_j всех тех слов и словосочетаний, которые входят в \mathbf{T} . Далее автор модуля отмечает только те из них, которые являются существенными для понимания содержимого модуля.

Любой отмеченный автором a_{jk} порождает запись термина a_{jk} и адреса модуля \mathbf{M}_j в список адресов \mathbf{S} . Любой отмеченный автором b_{pq} порождает ссылку на строку в \mathbf{S} , соответствующую термину b_{pq} , и затем гиперссылку на модуль \mathbf{M}_j . Тем самым происходит полуавтоматическое преобразование текста модуля в гипертекст, задача разработчика модуля заключается лишь в том, чтобы отметить нужные термины в предъявленных системой списках \mathbf{B}_j и \mathbf{A}_j . Аналогичным образом преобразуются в гипертекст краткие определения \mathbf{X}_j тезауруса.

При использовании онтологий в структурах базы ЭОР и ЭУИ следует различать связи межмодульные, межпонятийные и смешанные. Межмодульные связи являются отношениями последовательности изучения модулей, т.е. отношениями «предыдущий — последующий». Межпонятийные связи — отношениями онтологий предметных областей. Смешанные связи — связями между концептами и модулями, они характеризуются вхождением в модули входных или выходных концептов.

Важным отличием структуры ЭУИ при применении ТРЕК от структур учебников, разрабатываемых в соответствии с другими технологиями, является наличие в них, кроме межмодульных, также смешанных связей, показанных на рис. 3. Из ЭУИ можно перейти в тезаурус для получения краткой информации по любому используемому в ЭУИ понятию с помощью связи 1 и, если нужна более полная информация, получить её благодаря связям 2 или 4.

Взаимные переходы между множествами модулей и тезаурусом при работе пользователя с ЭУИ могут быть многошаговыми (например, последовательным активированием связей 1 – 2 – 1 – 4 – 3 – 4 и т.д.). Это отличие означает, что сформированные по технологии ТРЕК учебные пособия обладают расширенными возможностями адаптации благодаря исполнению ЭУИ в среде полной базы ЭОР. Вне этой среды возможности навигации по всему информационно-образовательному пространству будут потеряны.

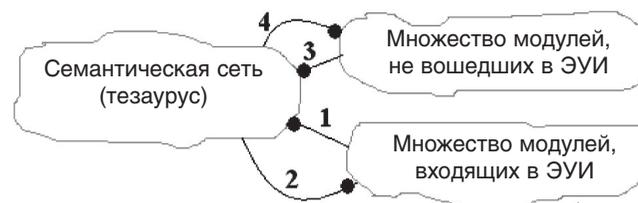


Рис. 3. Сетевая структура ЭУИ

Таким образом, для технологии ТРЕК характерны следующие особенности:

1. Формирование ЭУИ, адаптированных к особенностям конкретных обучаемых, на основе предварительно разработанной онтологии соответствующей предметной области.
2. Реализация в ЭУИ как межмодульных, так и межпонятийных и смешанных связей.
3. Разработка учебно-методических материалов при участии двух категорий авторов. Конкретные версии ЭУИ создают преподаватели, непосредственно работающие с определённым составом обучаемых. При этом исходным материалом для создания ЭУИ служат онтологии и множество учебных модулей, разработка которых — функция авторов базы ЭОР.
4. Полуавтоматическое преобразование текста в гипертекст.
5. Развитые поисковые возможности благодаря использованию онтологий.

Интеграция баз ЭОР

К настоящему времени создано большое число АОС и инструментальных сред. Разработкой баз ЭОР занимаются преподавательские коллективы в университетах многих стран. В России находят применение отечественные (Competentum.МАГИСТР

2008, СДТ REDCLASS, HyperMethod, Прометей, КАДИС и др.) и зарубежные (WebCT, Learning Space 5.0, Microsoft Class Server 3.0, Raptivity и др.) системы. С их помощью разработано большое число ЭУИ.

Развитие баз ЭОР происходит путём их пополнения из различных источников, поскольку лишь некоторые крупные организации, располагающие большими средствами, могут без привлечения сторонних источников создавать базы ЭОР, полностью обеспечивающие реализуемые образовательные программы. Как правило, в информационно-образовательных средах используются ЭОР, разработанные разными коллективами. Причём включение некоторого ресурса в базу ЭОР не обязательно подразумевает физическое размещение ресурса на сервере организации, владеющей базой ЭОР, достаточно ссылки на ресурс, если база является распределённой. Однако пользователь не обязан осваивать особенности и интерфейсы каких-либо новых АОС при переходе к пользованию новыми ресурсами. Поэтому возникает проблема объединения ЭОР в составе одной АОС.

Чем проще структуры ЭУИ, тем легче их интегрировать. Так, для использования ЭУИ последовательной структуры (рис. 1а) в форматах Word или html достаточно иметь соответствующий редактор или браузер. Переход к более совершенным структурам влечёт усложнение интеграции ЭУИ.

Основной путь решения проблемы интеграции — унификация и стандартизация характеристик ЭОР, определяющих такие процедуры, как представление учебных материалов пользователю, поиск ЭОР в образовательном пространстве, управление учебным процессом.

Стандартизацией в области информатизации образования занимается ряд международных и национальных организаций. К их числу относятся:

- Образовательный консорциум по проблемам

систем управления обучением IMS GLC (Instructional Management Systems Global Learning Consortium).

- Комитет стандартизации в области технологий обучения LTSC, созданный в Институте электротехники и электроники IEEE (Learning Technology Standards Committee in Institute of Electrical and Electronic Engineers).
- Комитет по компьютерному обучению в авиации AICC (Airline Industry Computer Based Training Committee).
- Организация «Продвинутое распределённое обучение» ADL (Advanced Distributed Learning Initiative), основанная департаментом политики в области науки и технологий в администрации президента США и Министерством обороны США.

В качестве базового языка представления материалов в АОС общепризнанным является язык разметки XML, на его основе создаются специализированные подмножества, ориентированные на математические тексты, на некоторые приложения, например химию, на описание самих стандартов, метаданных и репозиториях ресурсов и др. Оговорён список форматов, допустимых для представления графической информации, видео- и аудиофайлов.

Для каталогизации документальных ресурсов и их поиска разработаны международные стандарты Dublin Core («Дублинское ядро»), развиваемый с 1995 г. организацией Dublin Core Metadata Initiative¹⁷, и в сфере образования — стандарт IEEE Learning Object Metadata (LOM)¹⁸.

Требования к структурам ЭУИ, обеспечивающие интероперабельность ресурсов в сети Интернет и их совместимость с системами управления обучением LMS (learning management systems), представлены в стандартах IMS Content Packaging Information Model¹⁹ и SCORM. Стандартизованная структура ЭУИ состоит из манифеста, содержащего общие сведения о ЭУИ, и контента — собственно учебного материала (рис. 4).

С использованием этих стандартов реализуются крупные проекты создания баз ЭОР и систем открытого доступа к ним. Прежде всего следует назвать проект консорциума OCW — Open Course Ware²⁰, иницируемый ЮНЕСКО и поддержанный десятками уни-

¹⁷ IEEE 1484.12.1-2002. Learning Object Metadata standard. New York: IEEE, 2002.

¹⁸ Dublin Core Metadata Initiative. <http://dublincore.org/>

¹⁹ IMS Content Packaging Information Model. Version 1; 1.4 Final Specification. http://www.imslobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imsdp_infv1p1p4.html

²⁰ Open Course Ware. <http://www.ocwconsortium.org/>



Рис. 4. Стандартная структура ЭУИ

верситетов разных стран. В создаваемой информационно-образовательной среде обеспечиваются автоматическое взаимодействие между базами ЭОР, сбор информации, отслеживание происходящих в базах изменений, доступ пользователей к распределённым ресурсам. Применяемая технология RSS обеспечивает автоматическое распознавание и отбор информации, нужной пользователям, составление списков тем и предметов, интересующих конкретного пользователя, и слежение за изменением соответствующих ресурсов.

Другой пример интегрированной среды — система доступа к образовательным ресурсам OER (Open Educational Resources Commons), насчитывающая уже несколько тысяч образовательных ресурсов²¹.

В России создана система образовательных порталов²², примерами которых являются «Российское образование», естественно-научный портал, «Экономика, социология, менеджмент», «Инженерное образование» и др.

Быстрое развитие сети Интернет и web-технологий приводит к появлению новых возможностей в реализации электронного обучения и к естественному отставанию стандартов в отражении этих возможностей. В частности, в имеющихся стандартах не отражены вопросы интеграции ЭОР, созданных в соответствии с адаптивной технологией разделяемых единиц контента и полученных с помощью других технологий.

Особенностью ЭУИ, созданных по технологии онтологической ТРЕК, является их исполнение в одной среде с тезаурусом и пакетами множества других дисциплин (рис. 3). Для поддержки адапционных возможностей ТРЕК необходима соответствующая АОС, реализующая онтологии предметных областей. При её отсутствии в ЭУИ, переданном в другую среду, теряются межпонятийные связи и, следовательно, преимущества адаптивной ТРЕК перед моделью SCORM.

Синтез траекторий обучения

В развитых базах ЭОР обычно имеется более одного модуля, поясняющего одно и то же понятие. Такие модули могут различаться своим объёмом, характером изложения материала, значениями своих метаданных. В этих условиях для одних и тех же исходных данных можно предложить большое число различных маршрутов обучения и, выбрав среди них маршрут, наиболее подходящий для конкретного обучаемого, создать соответствующий индивидуализированный ЭУИ.

Ниже рассмотрен метод построения оптимальных маршрутов, адаптированных к индивидуальным потребностям обучаемых. Возможными критериями оптимальности маршрутов могут служить длина маршрута, измеряемая числом модулей или их объёмом, или функции параметров, входящих в метаданные модулей, отобранных для ЭУИ, например, сложность изложения материала.

В качестве исходных данных в задаче синтеза оптимальных маршрутов обучения обычно используется множество целевых концептов, которые должны быть изучены с помощью создаваемого ЭУИ. Предполагается известным также множество освоенных концептов, уже изученных пользователем. Необходимо определить маршрут, состоящий из модулей и ведущий от освоенных концептов к целевым с минимизацией выбранного критерия.

В качестве модели поискового пространства, содержащей все возможные маршруты

²¹ Open Educational Resources Commons. <http://www.oercommons.org/>.

²² Российское образование. Федеральный портал. http://www.edu.ru/db/portal/sites/portal_page.htm

обучения, используется сетевая структура базы ЭОР, подобная структуре на рис. 3, но с детализацией отмеченных на рисунке множеств модулей и концептов и введением смешанных связей между ними. Полученный граф (в частном случае дерево) по своей семантике является И-ИЛИ графом. В нём дуги, входящие в вершину концепта, соответствуют возможным альтернативам в выборе модулей, поясняющих этот концепт, следовательно, вершины концептов являются ИЛИ-вершинами. Дуги, входящие в вершину модуля, соответствуют входам этого модуля, для его активизации (понимания) все входные понятия предварительно должны быть изучены, следовательно, вершины модулей являются И-вершинами.

В качестве примера представлен фрагмент базы ЭОР в виде И-ИЛИ графа, где вершины концептов k_j , изображённые овалами, и вершины модулей m_j , изображённые прямоугольниками, обозначены соответственно k_j и m_j (рис. 5). Освоенные концепты на рисунке не показаны.

Задача синтеза маршрута обучения формулируется как задача минимизации выбранного критерия при соблюдении условий попадания целевых концептов и поддерживающих их входных концептов в синтезируемый маршрут. Эти условия формулируются в виде (1) и (2):

$$K_i = 1, \quad (1)$$

где K_i — булева переменная целевого концепта k_i . Переменная K_i может быть выражена через булевы переменные M_{ij} модулей, в которых k_i является выходным концептом, и через переменные K_{jr} входных для этих модулей концептов:

$$K_i = \sum M_{ij} \Pi K_{jr}, \quad (2)$$

$$j \in J_i, r \in R_j$$

где \sum и Π — знаки логических сложения и умножения, J_i — множество номеров модулей, в которых определён концепт k_i ; R_j — множество номеров концептов, входных для модуля m_j . Отметим, что $M_{ij}=1$ и $K_{jr}=1$ означает, что соответствующие модуль и концепт входят в создаваемый маршрут.

Синтез маршрута начинается с записи условий (1) для целевых концептов. Если к целевым относятся концепты k_1, k_2, k_3 , то

$$K_1 * K_2 * K_3 = 1.$$

Далее последовательно применяется выражение (2) для замены переменных K_j с учётом очевидных правил $K * K = K$ и $a * M + M = M$. Замены прекращаются, когда в подставляемых выражениях останутся только освоенные концепты. В примере получаем (освоенные концепты опущены):

$$M_1 * M_2 * M_3 * M_4 * M_7 * M_{10} * M_{11} * M_{12} * M_{14} * M_{15} * M_{16} * M_{17} * K_{19} * K_{20} +$$

$$M_1 * M_2 * M_3 * M_6 * M_8 * M_{11} * M_{12} * M_{14} * M_{15} * M_{16} +$$

$$M_1 * M_2 * M_3 * M_6 * M_{10} * M_{11} * M_{12} * M_{14} * M_{15} * M_{16} * M_{17} * K_{19} * K_{20} +$$

$$M_1 * M_2 * M_3 * M_8 * M_{10} * M_{11} * M_{12} * M_{14} * M_{15} * M_{16} * M_{17} * K_{19} * K_{20} = 1.$$

Это итоговое выражение из четырёх дизъюнктивных членов интерпретируется как наличие четырёх альтернативных маршрутов обучения, каждый из которых покрыт последовательностью модулей. Если задачей является построение ЭУИ с минимальным числом модулей, то из числа альтернативных последовательностей будет выбран маршрут, состоящий из цепочки модулей

$$M_1 * M_2 * M_3 * M_6 * M_8 * M_{11} * M_{12} * M_{14} * M_{15} * M_{16}.$$

Система «База и генератор образовательных ресурсов» (БигОР)

Система БигОР предназначена для создания и сопровождения баз учебных материалов, синтеза новых учебных пособий (ЭУ) в соответствии с технологией разделяемых единиц контента и для использования созданных пособий обучаемыми. Другими словами, система реализует функции инструментальной среды создания ЭУИ и ряд функций АОС.

В состав системы входят следующие подсистемы:

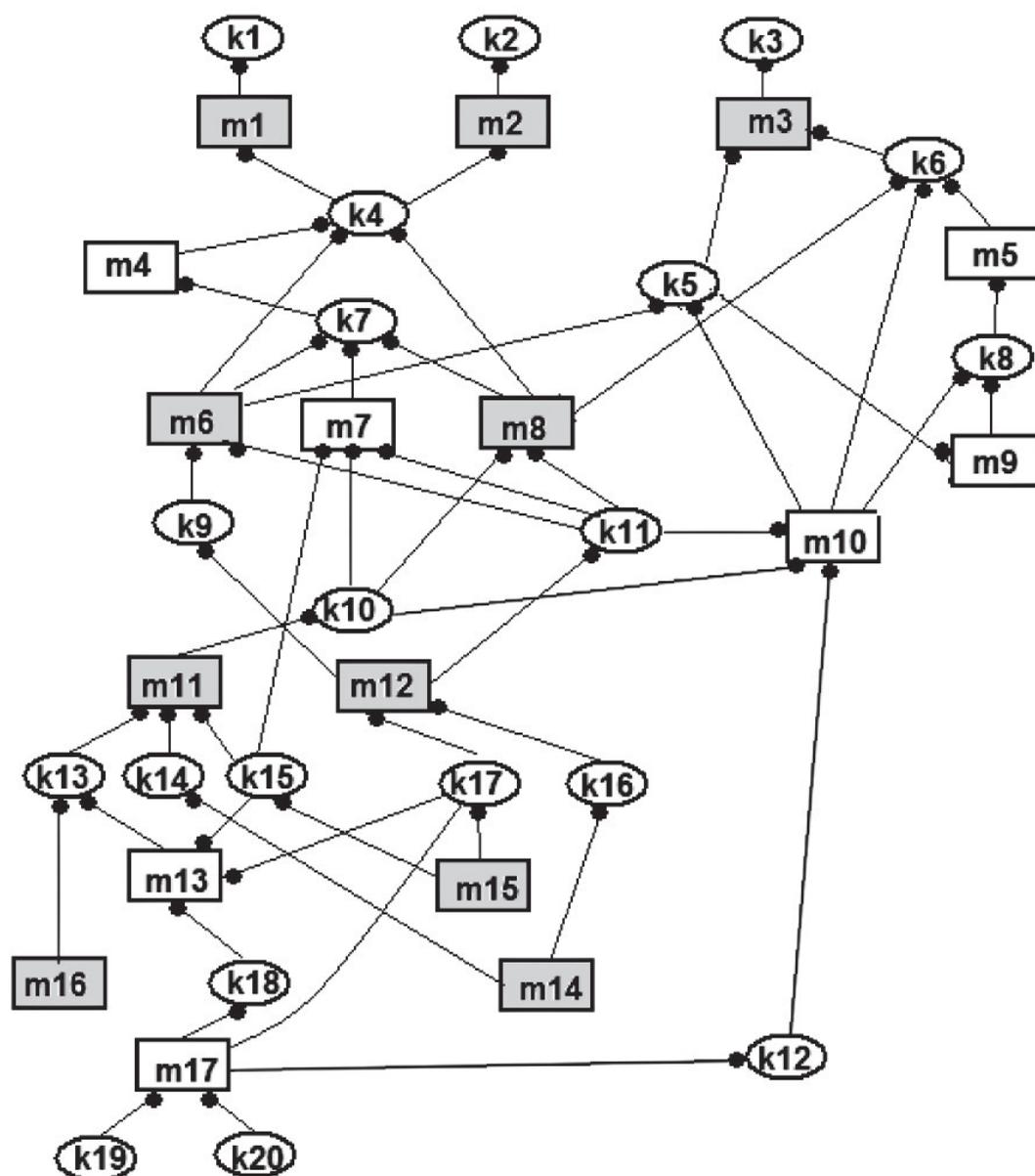


Рис. 5. Фрагмент семантической сети базы ЭОР

- информационная — база учебных материалов (БУМ);
- авторская (инструментальная) — среда создания и сопровождения БУМ;
- компилирующая — подсистема синтеза новых учебных пособий;
- обучающая — подсистема конечных пользователей;
- поисковая;
- диагностическая.

База учебных материалов состоит из пакетов, каждый из которых относится к опре-

делённой дисциплине (предметной области). Пакет, в свою очередь, включает тезаурус и набор модулей, в котором имеются подмножества основных (учебных) и тестовых модулей.

Тезаурус имеет иерархическую структуру, например, могут быть выделены уровни дисциплин, разделов дисциплин, их подразделов и элементов. Элемент тезауруса — это запись, включающая термин и его краткое определение.

В тезаурусе используются отношения «определяемое понятие — определяющее понятие», например, в нижеследующем элементе тезауруса определяемый термин «модальная логика» выражен через термины «исчисление», «высказывание» и «логическая операция»:

Концепт: модальная логика

краткое определение: Раздел логики, изучающий исчисления, в которых к высказываниям наряду с логическими операциями применяются модальности. Примерами модальных операторов, применимых к высказываниям и к словам, выражающим какие-либо действия или поступки, могут служить «возможно», «необходимо» и др.

Представление отношений возможно не только путём выделения терминов в тексте краткого определения, но и записью в элементе тезауруса списка ключевых слов.

Пояснение понятий, их свойств и характеристик содержится в статьях, называемых основными модулями (или основными разделяемыми единицами контента). В одном модуле может содержаться описание одного или нескольких тематически связанных понятий.

Каждый основной модуль состоит из тела и метаданных. Метаданные представляют собой спецификацию, включающую регистрационные и интерфейсные атрибуты. К регистрационным атрибутам относятся имена авторов модуля, даты написания модуля и внесения изменений, уровень сложности, данные о сертификации модуля и т.п. Интерфейсные атрибуты служат для согласования данного модуля с другими модулями в составе компилируемых версий учебных пособий и включают списки терминов, используемых в модуле и соответствующих входным и выходным понятиям.

Любое понятие может оказаться в списках выходов нескольких модулей. Такие модули могут различаться методическими особенностями, подробностью и стилем изложения материала, ссылками на те или иные примеры, использованием того или иного подмножества входных терминов и т.д. Подобная неоднозначность обеспечивает возможность индивидуализации создаваемых версий ЭУИ.

В разных АОС назначением тестирования могут быть оценка знаний для аттестации обучаемого или самоконтроль для проверки степени усвоения материала. В БиГОР тестовые модули используются только для самоконтроля обучаемых. Каждый из тестовых модулей соответствует одному заданию или упражнению, выполнение которых позволяет обучаемому проверить свои знания или умение их применять для решения практических задач. Тестовые задания могут быть различных типов, например, требующие выбора правильного варианта ответа из приведённого списка, решения задачи с получением фиксированного ответа, синтеза принципиальной или логической схемы, составления граф-схемы алгоритма или фрагмента программы и т.п. Сопоставление ответа с правильным результатом наряду с наличием комментариев и рекомендаций по изучению тех или иных разделов или модулей позволяет обучаемому осуществлять самоконтроль успешности освоения учебной программы и целенаправленное устранение пробелов в полученных знаниях.

В любом из модулей системы БиГОР возможны ссылки на документы, созданные и открываемые в других приложениях. Примерами внешних по отношению к БиГОР документов могут служить HTML-файлы, презентации Microsoft Office, анимационные, звуковые и видеофрагменты различных форматов и т.д.

Авторская подсистема используется авторами учебных материалов и служит для разработки новых основных и тестовых модулей, внесения дополнений и изменений в БУМ. Основой авторской подсистемы БиГОР является оригинальный редактор для написания и редактирования модулей. Используется подмножество языка XML с расширенными средствами представления документов с математической нотацией, что обуславливает удобство применения редактора для научно-технических приложений.

Текстовый редактор системы БиГОР наделён рядом специфических функций, облегчающих работу авторов учебных и тестовых модулей. Примерами таких функций могут служить автоматическое выделение в тексте понятий, имеющих в тезаурусе; включение в число разрешённых символов

новых изображений, определённых в международном стандарте Unicode (в том числе и тех, которые отсутствуют в шрифтах операционной системы компьютера); внедрение в файлы модулей графических изображений и т.п.

Несмотря на то, что модули могут создаваться различными авторами, не связанными между собой никакими предварительными договорённостями, на основе реализованного XML-подмножества достаточно легко обеспечивается общее единство внешнего стиля оформления и формальной структуры представления всех документов БУМ.

К функциям инструментальной подсистемы относятся также формирование метаданных модулей и получение гипертекста.

При формировании гипертекста важную роль играет наличие тезауруса. Пусть T — множество терминов, обозначающих понятия, присутствующие в тезаурусе. Тогда любой термин $V_i \in T$ становится потенциальной гиперссылкой. В БиГОР при редактировании модуля реализована подсветка всех имеющихся в модуле терминов $V_i \in T$, поэтому автор модуля должен лишь указать, к какому из трёх возможных подмножеств относятся подсвеченные V_i — к подмножеству выходных, входных или простых ссылочных терминов. При указании выходного термина система формирует строку таблицы M , в которой устанавливается соответствие между указанным термином и адресом редактируемого модуля. При указании входного или ссылочного термина V_i формируются гиперссылки к соответствующему элементу тезауруса и через посредство таблицы M — к модулям, в которых V_i определён. Любые изменения в БУМ никак не отражаются на правильности функционирования гиперссылок, поскольку все взаимосвязи модулей и понятий внутри БУМ формируются динамически. Отдельные подсвеченные, как и повторно упоминаемые в модуле термины V_i автор модуля вправе не превращать в гиперссылки.

Термины в тезаурусе, как правило, задаются в именительном падеже единственного числа, в тексте модуля они могут встречаться в других грамматических формах. Для идентификации терминов в других формах

в системе предусмотрена специальная программа морфологического анализа.

Компилирующая подсистема служит для формирования новых версий учебных пособий из модулей БУМ. Рабочая область БУМ, используемая при формировании конкретного учебного пособия, обычно ограничивается совокупностью заранее выделенных пакетов, называемой кластером. Конечным результатом работы компилирующей подсистемы является XML-файл оглавления учебного курса, содержащий ссылки на все отобранные учебные и тестовые модули, а также все дополнения, сделанные составителем пособия на предыдущих стадиях.

Обучающая подсистема предназначена для доступа обучаемых к библиотеке скомпилированных гипертекстовых учебных пособий, изучения материалов модулей пособия в представленной последовательности с возможностями навигации по заявленной части БУМ с помощью гиперссылок и выполнения упражнений и заданий, содержащихся в тестовых модулях, в том числе с переходом во внешние среды.

Поисковая подсистема предназначена для представления пользователю элементов тезауруса и ссылок на модули БУМ, связанных с заданным вопросом. Вопросы могут быть словами и словосочетаниями или их частями, фигурирующими в терминах тезауруса. Поисковая подсистема используется также для реализации режима «Энциклопедия», в котором пользователю доступны списки понятий и модулей в алфавитном порядке и, следовательно, предоставляется возможность выбора сведений о любом понятии или модуле.

Административная подсистема служит для проверки корректности БУМ. Пользователи системы могут быть оповещены, например, об отсутствии некоторого термина тезауруса в выходах модулей, о неправильности заполнения полей метаданных, возможно получение справки о количестве модулей и элементов тезауруса в некотором пакете и т.п.

Система БиГОР может использоваться автономно с установкой её на клиентской машине или в сетевом варианте с использованием web-технологий. □