

Синтез оптимальных траекторий обучения

77-30569/324435

01, январь 2012

Соколов Н. К.

УДК 378.14:004.9

МГТУ им. Н.Э. Баумана
sokolov@bmstu.ru

Введение

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.

Важнейшими показателями качества электронных образовательных ресурсов являются доступность, научная строгость, полнота. Это - в значительной 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. Для реализации рассмотренных видов адаптации необходима разработка соответствующих технологии и реализующих ее программных средств

Работа в своей теоретической части посвящена решению актуальной задачи – разработке методов и алгоритмов построения адаптивной среды создания образовательных ресурсов. В прикладной части работа посвящена реализации предложенных методов и алгоритмов в конкретной обучающей системе.

Объектом исследования является интеллектуальная обучающая система, построенная на основе парадигмы обработки знаний, в которой формализация онтологии предметной области выполняется в виде базы знаний, реализованной на основе семантической сети. Предметом исследования являются методы и алгоритмы синтеза оптимальных траекторий обучения. Цель работы состоит в разработке методов и алгоритмов построения оптимальных траекторий обучения, а также реализации предложенных методов и алгоритмов в конкретной обучающей системе.

Первый параграф работы посвящен обзору электронных образовательных ресурсов. Введены основные понятия и даны основные определения в области электронных образовательных ресурсов, определено понятие «качество электронных образовательных ресурсов», дан обзор наиболее известных автоматизированных обучающих систем. В конечном счете, в данном параграфе обоснована актуальность разработки инструментальных обучающих систем, включающих в себя средства синтеза электронных учебных изданий по критериям семантического соответствия их индивидуальным запросам пользователей

Во втором параграфе выполнен анализ известных технологий создания и интеграции электронных учебных изданий, обоснована целесообразность использования, так называемой, *технологии разделяемых единиц контента* (ТРЕК) для синтеза индивидуальных образовательных траекторий, дано описание этой технологии, выполнен анализ проблем интеграции база данных электронных образовательных ресурсов. На основе указанного анализа сформирован набор ограничивающих правил, которые следует

учитывать при создании онтологий с тем, чтобы в последующем обеспечить возможность автоматической интеграции соответствующих семантических сетей. Выполнено исследование вопроса о том, насколько жесткими являются эти ограничивающие правила.

Третий параграф содержит изложение предлагаемого автором метода синтеза оптимальных маршрутов обучения.

В четвертом параграфе рассматривается известная инструментальная обучающая система БиГОР, а также программная реализация предложенного метода в рамках этой системы.

§1. Электронные образовательные ресурсы

1.1. Качество электронных образовательных ресурсов

В международном стандарте ISO 8402 дается следующее определение качества: "*Качество* - совокупность характеристик продукта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности". По ГОСТ 15467-79 "*качество продукции* - это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением", а интегральным показателем качества названо "отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию". В работе [1] подчеркивается, что качество - не абсолютная категория, а зависит от конкретных условий, а именно "качество - это совокупность потребительских свойств продукции, определяющих степень ее соответствия заданной конкретной потребности в фиксированных условиях потребления".

В работе [2] введено определение качества образования, как совокупности свойств образовательной системы, обеспечивающих получение обучаемыми знаний, навыков и умений, соответствующих заранее согласованным требованиям. В той же работе подчеркивается, что качество образования во

многим зависит от качества образовательных ресурсов, находящихся в распоряжении учебного заведения.

Качество образовательных ресурсов характеризуется большим числом показателей. Так, содержательный уровень учебников и учебных пособий определяется актуальностью материала, его структурой, соответствием требованиям государственных стандартов высшего профессионального образования, полнотой охвата видов учебных занятий, оптимальностью объема материала, предъявляемого обучаемому [3]. Традиционные дидактические требования должны отражать такие свойства информационных образовательных ресурсов, как научность, доступность, проблемность, наглядность, активизация деятельности, адаптивность, интерактивность [4].

Научность заключается в обеспечении достаточной глубины, корректности и научной достоверности изложения содержания учебного материала.

Доступность означает недопустимость чрезмерной усложненности и перегруженности учебного материала, при которых овладение материалом становится непосильным для обучающихся.

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 обучающегося.

Интерактивность отражает возможности взаимодействия обучающегося с образовательным ресурсом.

Очевидно, что свойства полисенсорности, адаптивности и интерактивности достигаются 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 подчеркивание важных фрагментов, дружелюбность интерфейса (подсказки, надписи, справки), размер шрифта и т.п.

Важнейшими показателями качества электронных образовательных ресурсов являются доступность, научная строгость, полнота. Это - в определенной 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 адаптивных 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 необходима разработка соответствующих технологии и реализующих ее программных средств

1.2. Основные понятия и определения

Среда создания образовательных ресурсов является компонентом информационно-образовательной среды.

По определению, данному в работе [5], *информационно-образовательная среда* в широком смысле слова – это педагогическая система и ее обеспечение, т.е. подсистемы материально-техническая, финансово-экономическая, нормативно-правовая, управленческая и маркетинговая. В информационно-образовательной среде реализуются функции электронной библиотеки, электронного деканата, контроля знаний, документирования, кадрового учета. Более частное толкование понятия информационно-образовательная среда связывает его с совокупностью учебно-методических материалов, прежде всего электронных образовательных ресурсов, средств их разработки, сопровождения, доставки, представления.

Электронный образовательный ресурс – 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 электронного образовательного ресурса является *компьютерное средство обучения*, которое в работе [6] определяется как программное средство или комплекс, предназначенный для решения определенных педагогических задач, имеющий предметное содержание и ориентированный на взаимодействие с обучаемым. В работе [7] понятие образовательного ресурса расширяется за счет включения в него таких составляющих, как администрирование учебного процесса, консультационная поддержка, сопровождение баз учебных материалов и т.п.

Отметим, что в работе [7] наряду с вышеприведенным имеется также определение *информационного образовательного ресурса*, как структурированной совокупности электронных изданий, применяемых в обучении.

Частный случай электронного образовательного ресурса - электронный учебник или электронное учебное пособие, для которых будем использовать совокупное обозначение ЭУИ – *электронное учебное издание*.

В работе [8] для ЭУИ дается следующее определение: программно-информационная система, предназначенная для самостоятельной, прежде всего теоретической подготовки с помощью компьютера и содержащая структурированную учебную мультимедиа информацию, упражнения для ее усвоения, тесты для самоконтроля и интерактивные компьютерные программы, реализующие сценарии учебной деятельности по восприятию, осмыслению и закреплению знаний.

Определение компьютерного учебника через указание его составных частей используют многие авторы. Так, в работе [7] *компьютерный учебник* – это носитель учебной информации для подготовки по определенной дисциплине, содержание которого должно быть достаточным для изучения ее в полном объеме, и содержащий также модуль проверки усвоения информации. В работе [9] основными компонентами электронного учебника названы теоретическая часть в виде гипертекста с возможными вставками аудио- и видеофрагментов, список вопросов и упражнений для самоконтроля с рекомендациями и примерами выполнения заданий, толковый словарь, часто задаваемые вопросы и ответы, описания лабораторных работ.

Электронные учебные издания классифицируются по нескольким признакам. В список таких признаков в соответствии с [6] входят: характер образования (гуманитарное, естественнонаучное, техническое); решаемые педагогические задачи; широта охвата материала; уровень образования; используемые телекоммуникационные технологии; форма представления материала; характер используемых моделей; вид пользовательского интерфейса; степень интеллектуальности.

Аналогичный список в работе [7] содержит следующие признаки: место расположения ЭУИ (локальные, сетевые); способ доставки обучаемому; метод создания (медийный, игровой, издательский); организация разработки (профессиональные команды или преподаватели); степень открытости; степень виртуальности (объекты или их модели). В последней работе приведена также другая классификация ЭУИ: информационное, для

практических занятий, компьютерная модель, тестирующее средство, комплексное средство.

А.В. Соловов [8] различает декларативные (артикулируемые) и процедурные (неартикулируемые) знания и соответственно определяет электронные учебники и тренажеры в разные группы.

Находят применение последовательная, иерархическая, сетевая структуры ЭУИ.

Последовательная (иначе линейная) структура представлена на рис. 1.1а, где *М* – модуль. Эта структура характеризуется фиксированной последовательностью предоставления единиц учебного материала обучаемому, хотя возможно гипертекстовое оглавление – допустимы переходы по ссылкам из оглавления в любой раздел ЭУИ и возвраты в оглавление.

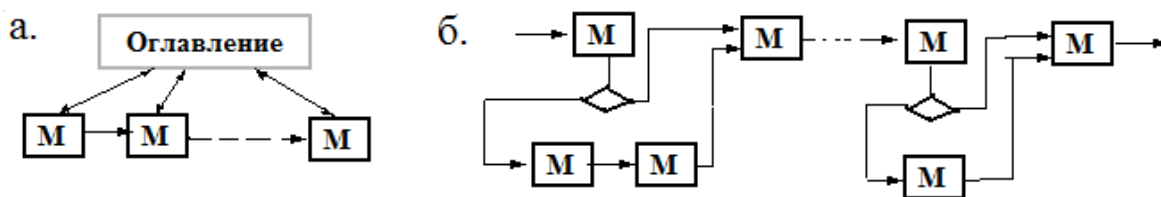


Рис. 1.1. Структуры электронных учебных изданий:

а) последовательная; б) двухуровневая иерархическая

В иерархической структуре (рис. 1.1б) уровни иерархии обычно выделяются по степени подробности изложения. Переходы вниз с одного уровня на другой при пользовании ЭУИ выполняются в том случае, если информации на верхнем уровне недостаточно для понимания материала [7]. Как последовательная, так и иерархическая структуры разрабатываются автором ЭУИ и не изменяются в процессе эксплуатации пособия.

Моделью содержания ЭУИ сетевой структуры обычно является дерево. Вершины соответствуют единицам учебного материала, называемым разделяемыми единицами контента или *Shareable Content Object (SCO)*. Дуги

отражают отношение последовательности использования разделяемых единиц контента в процессе изучения материала. Сетевая структура была предложена в работах [10, 11] и реализована в стандарте SCORM [12]. Отношения между разделяемыми единицами контента не фиксированы, их устанавливает не разработчик базы учебных материалов, а разработчик каждого конкретного пособия.

Автоматизированная обучающая система (АОС) представляет собой согласованную совокупность учебных материалов, средств их разработки, хранения, передачи и доступа к ним, предназначенная для целей обучения и основанная на использовании современных информационных технологий [9]. В структуре АОС имеются подсистемы: поисковая; работы с учебным материалом; генерации задач; управления учебным процессом; регистрационная; модели обучаемых; преподавательский интерфейс. Авторы работы [9] упоминают о пользе тезауруса, но его наличие не связывают с процедурами построения ЭУИ и поисковых подсистем [6]. В соответствии с работой [7], АОС включает в себя следующие подсистемы: подсистема представления учебной информации; инструментальная; управления обучением (Learning Management System - LMS); тестирующая; настройки (адаптации); доставки материалов обучаемым. Укрупненную структуру АОС, предлагаемую в [9], иллюстрирует рис. 1.2.



Рис. 1.2. Структура автоматизированной обучающей системы

По своему масштабу АОС в сфере высшего образования могут быть образовательными системами кафедры, университета, направления подготовки (специальности), консорциума вузов. В промышленности автоматизированной обучающей системы АОС могут создаваться компаниями, проводящими регулярные мероприятия по повышению квалификации своих сотрудников.

Основные функции АОС:

- доступ к образовательным ресурсам, включая средства виртуальных и удаленных учебно-исследовательских лабораторий;
- самотестирование и контроль знаний обучаемых;
- поиск информации;
- создание ЭУИ;
- управление учебным процессом;
- конференцсвязь (чаты, потоковое видео).

Важной чертой АОС является связь с различными источниками информации Internet, и, прежде всего, с компьютерными системами поддержки научно-исследовательских работ, имеющимися как в университетах, так и в академических институтах. Наличие такой связи необходимо не только для приобщения студентов к научным исследованиям, но и для повышения квалификации преподавателей и тем самым для совершенствования содержимого баз ЭОР.

Обычно конкретные реализации АОС создаются определенными компаниями или университетами. Ресурсы таких АОС зачастую не являются мобильными, т.е. переносимыми для использования и развития из одной системы в другую. Это является очевидным недостатком с точки зрения создания интегрированной базы научно-образовательных ресурсов и применения в системах открытого образования.

Система управления обучением в АОС имеет подсистемы, ориентированные на обучаемых, преподавателей и администраторов,

контролирующих функционирование аппаратно-программных средств системы. АОС контролирует права доступа пользователей; осуществляет поиск требуемых материалов, извлекает их из базы учебных материалов и предоставляет пользователю; обеспечивает доступ к индивидуальной рабочей тетради, содержащей график учебных занятий, результаты выполнения учебных заданий и другие заметки пользователя, связанные с изучением курса; реализует телекоммуникационные связи "преподаватель - обучаемый", "студент-лаборатория" и "обучаемый - обучаемый", а также связи пользователей с Internet для поиска информации, организации конференций и совместной работы над проектами; помогает администратору поддерживать систему в актуальном состоянии, вести учет пользователей и др.

Кроме того, в ряде АОС на систему управления возлагается выполнение функций электронного деканата таких, как учет обучаемых и их успеваемости, формирование расписаний конференций, консультаций и т.п. В настоящее время системы управления АОС создаются на основе технологий порталов и мультиагентных систем.

В системах открытого образования и дистанционного образования целесообразно создание среды, потенциально способной интегрировать ресурсы различных АОС. Такую среду называют информационно-образовательной средой открытого образования.

Информационно-образовательную среду, как объединение многих АОС, можно рассматривать как интегрированную АОС. Существует и другой взгляд на информационно-образовательную среду - как на систему, осуществляющую только управления взаимодействием различных АОС. При этом используют также другие названия информационно-образовательную среду, например *Learning Management System (LMS)*, *Training Management System (TMS)*, система управления учебным процессом. Очевидно, что создание информационно-образовательной среды возможно при наличии договоренностей образовательного сообщества о структурах учебных

материалов и об интерфейсах АОС (метаданных), выраженных в форме стандартов.

Неоднозначная терминология используется в отношении структурных единиц учебных материалов.

В одной из распространенных иерархических структур изданий (как традиционных, так и электронных) принято выделять уровни глав, разделов, подразделов. Элементарный (неделимый) фрагмент структуры в случае ЭУИ называют *кадром* или статьей. Совокупность кадров, выделенная с той или иной целью, носит название *модуль* [7]. В то же время, авторы работы [9] термин модуль используют для именования элементарного фрагмента ЭУИ. В работе [13] используется следующая иерархия структурных частей базы учебных материалов и ЭУИ: *Curriculum, Course, Chapter, Subchapter, Module, Lesson, Topic, Sequence, Frame, Object*. Эта последовательность может быть сокращена за счет исключения некоторых из уровней.

Далее в работе термин модуль используется для именования элементарного неделимого фрагмента учебного материала, т.е. как синоним понятия разделяемой единицы контента.

1.3. Автоматизированные обучающие системы

Приводимый далее обзор наиболее известных АОС характеризует достигнутые результаты внедрения современных информационных технологий в образование.

Learning Space 5.0 (Lotus/IBM) [13] – одна из популярных обучающих систем, обеспечивающая занятия студентов с ЭОР и участие в *on-line* занятиях в режиме реального времени. Подсистема редактирования и администрирования ЭУИ *Learning Space 5.0* позволяет выбирать нужные режимы обучения и следить за текущими результатами работы учащихся. Другая особенность системы - курсы основаны не на лекционных материалах, а на практических занятиях с широкими возможностями дискуссий и обсуждений.

Курсы организованы в виде последовательности занятий, которые могут быть самостоятельными, интерактивными или коллективными. Самостоятельные занятия обычно содержат материал для прочтения и тесты, которые необходимо выполнить после изучения материала. Интерактивные занятия включают в себя посещение лекций в виртуальном классе, участие в онлайн-обсуждении или *chat*, работу с виртуальной доской (*Whiteboard*) и системой совместного просмотра Web-сайтов (*Follow me*). Коллективные занятия включают в себя чаты и занятия в офлайн- и онлайн-обсуждениях. Интерактивные занятия планируются на определенную дату и время, и проводятся преподавателем в виртуальном классе в режиме реального времени. Текущие результаты учащихся (степень прохождения курса, оценки за него, затраченное время, количество обращений и т.д.) сохраняются в базе данных. Эта информация доступна преподавателю в любое время в виде отчетов различной формы.

Модуль "Совместная работа" системы *Learning Space 5.0* обеспечивает возможность создания виртуального класса, в котором преподаватели и учащиеся могут совместно работать с приложениями, рисовать на виртуальной доске и одновременно посещать Web-сайты. При наличии соответствующего программного и аппаратного обеспечения они также смогут видеть и слышать друг друга во время урока.

Компания *Microsoft* совместно с фирмой КРОК внедряет в России систему *Microsoft Class Server 4.0* [14], предназначенную для поддержки учебного процесса и выполнения следующих функций.

1) Планирование учебного процесса. Здесь подразумевается не составление расписания или нагрузки, а планирование подбор содержания, анализ его соответствия принятым методикам или стандартам.

2) Подготовка материалов и контрольных заданий для учебного процесса.

3) Обмен учебными материалами и заданиями среди участников учебного процесса.

4) Контроль знаний и мониторинг успеваемости.

Система *Microsoft Class Server 4.0* открыта для расширения ее функциональности.

Компании "Центр открытых систем и высоких технологий" и "*Softline Academy Alliance*" используют систему *Adobe Acrobat Connect* [15], предоставляемую компанией *Adobe Systems*.

Система *Adobe Acrobat Connect* состоит из следующих пакетов.

1) *Acrobat Connect Professional* – подсистема для проведения встреч и семинаров в реальном времени (прежнее название *Macromedia Breeze Meeting*), является масштабируемым, с увеличенными возможностями настройки, расширяемым решением для сетевой конференц-связи. Продукт предоставляет функциональные возможности реального общения через онлайн-встречи, которые позволяют профессионалам общаться и сотрудничать одновременно с числом участников до 2500 с помощью удобных в работе и легких для доступа личных залов заседаний онлайн.

2) *Adobe Presenter* – подсистема для быстрого создания презентаций в *PowerPoint* и обучающих курсов.

3) *Adobe Connect Training* для управления курсами удаленного обучения.

4) *Adobe Connect Events* – приложение, предоставляющее функциональные возможности для обеспечения регистрации пользователей, а также возможности напоминания и отслеживания широкомасштабных сетевых семинаров и презентаций.

Система *Adobe Acrobat Connect* соответствует стандартам *AISS*, *SCORM*, обеспечивает возможность работы нескольких преподавателей с одним классом, имеет средства интеграции с системами управления контентом и службами каталогов.

Компания «Стэл - Компьютерные системы» предлагает комплекс программных средств *Stellus* [16] для выполнения администрирования учебного процесса, разработки учебных курсов и их предоставления обучаемым по технологиям дистанционного обучения.

Система *Competentum*.МАГИСТР 2008 [17] компании «Физикон» - система для управления знаниями, обучением и развитием студентов (специалистов) учреждений высшего и среднего специального образования. Система открыта для внедрения новых функциональных приложений. Основные модули системы - управление учебными материалами и обучением, управление абитуриентами и электронный деканат. При необходимости, в систему могут быть интегрированы такие модули сторонних производителей, как управление расписанием и нагрузкой профессорско-преподавательского состава, управление учебными планами, электронный деканат.

Особенностью тестирования в системе *Competentum*.МАГИСТР 2008 является использование, помимо общего банка вопросов, так называемых "шаблонов тестов", применение которых обеспечивает при тестировании группы студентов генерацию для каждого студента, с одной стороны, уникального, а с другой стороны - совершенно сопоставимого по всем основным параметрам теста. Помимо автоматически проверяемых заданий тесты могут содержать вопросы типа "свободный ответ" - при их наличии ответы автоматически поступают на проверку преподавателю. Создаваемые в подсистеме *CourseWizard* курсы соответствуют международным стандартам на электронные учебные материалы (SCORM).

Система дистанционного обучения *REDCLASS* [18] является совместной разработкой учебного центра *REDCENTER* и компании *REDLAB*. Это комплекс программно-аппаратных средств, учебных материалов и методик обучения, поддерживающий управление учебным процессом, создание учебных материалов, обучение с возможностью контроля знаний и сбора статистических данных по пройденным материалам. Комплекс сертифицирован на соответствие стандарту SCORM v1.2.

Система *Raptivity* [19] компании *Harbinger Knowledge Products* предназначена для разработки электронных курсов на основе библиотеки готовых шаблонов слайдов, контент можно настраивать и модифицировать.

Большая часть шаблонов предназначена для создания интерактивных слайдов или отображения мультимедийной информации. Созданные курсы легко интегрируются в системы дистанционного обучения, поскольку поддерживаются стандарты *SCORM/AICC*. Экспортировать можно как отдельно взятый мультимедийный компонент, так и весь курс.

В состав инструментальной среды *Raptivity* входят следующие пакеты:

- *Standard Pack 1* – для создания различного рода практических заданий;
- *Standard Pack 2* – множество заготовок различных интерактивных компонентов;
- *Standard Pack 3* – для разработки интерактивных схем и графиков, а также эмуляторов программ;
- *3D TurboPack* – множество 3D-элементов, которые помогут включаться в курсы;
- *Games TurboPack* – для создания игры и игровых упражнений;
- *Videos TurboPack* – для создания интерактивного видео в курсе;
- *Simulations TurboPack* – для имитации различных ситуаций.

Российская компания *Cognitive Technologies* предлагает систему дистанционного обучения "СТ Курс" [20], соответствующую международному стандарту *SCORM 2004*. Система имеет средства управления обучением, формирования отчетов о процессе обучения, элементы программированного обучения, при котором порядок прохождения учебного курса может выбираться с учетом предыдущих успехов и динамически корректироваться в ходе обучения с учетом результатов тестирования.

Компьютерная система оценки знаний *Questionmark Perception* [21] предназначена для управления оценкой знаний, позволяет создавать вопросы и формировать из них экзаменационные билеты, вопросники, тесты. Система поддерживает стандарты *IMS*, *QTI*, *AICC* и *SCORM*.

Инструментальная среда *CourseLab* [22] имеет следующие особенности. Используется набор готовых шаблонов модулей, которые можно также редактировать. В редактор *CourseLab* встроено большое количество готовых к применению сложных объектов, выполняющих различные функции – от разных способов показа текста до сложного тестирования. Применение этих объектов не требует никакого программирования - достаточно лишь выбрать нужный внешний вид объекта в соответствии с дизайном модуля и заполнить его параметры.

Система *eLearning Server* [23] (разработана ЗАО ГиперМетод) - программное обеспечение, позволяющее создать в Интернет/Инtranет учебные центры дистанционного обучения. Создаваемые с помощью *eLearning Server* учебные центры обеспечивают весь цикл дистанционного обучения.

Основные функции системы *eLearning Server*: организация обучения (регистрация учебных курсов, слушателей и преподавателей, ведение их личных дел, статистика обучения, синтез расписаний и др.); импорт и создание электронных курсов; реализация методик оценки и тестирования знаний обучаемых. Система создана с использованием стандартов и спецификаций *SCORM*, *IMS*, *AICC*.

Одним из интересных решений, позволяющих создавать мультимедийные дистанционные курсы, которые могут распространяться также и на компакт-дисках, является система ПРОМЕТЕЙ [24] - программная оболочка, обеспечивающая возможности дистанционного обучения и тестирования слушателей, а также имеющая необходимые средства для управления деятельностью виртуального учебного заведения. Система имеет модульную архитектуру, поэтому легко расширяется, модернизируется и масштабируется.

Ниже перечислены основные компоненты системы ПРОМЕТЕЙ.

- Типовой *Web*-узел - набор *HTML*-страниц, предоставляющих информацию об учебном центре, списке курсов и дисциплин, списке тьюторов в Интернет или Intranet организации.

- Автоматизированное рабочее место (АРМ) "Администратор" обеспечивает выполнение администратором виртуального учебного заведения своих служебных обязанностей.

- АРМ "Тьютор" обеспечивает консультирование обучаемых, контроль за их успеваемостью, тестирование, простановку оценок в зачетную книжку, формирование отчетов руководству. Пользователь может работать с любого клиентского компьютера, подключенного к сети.

- АРМ "Слушатель" предоставляет обучаемым все необходимые средствами для успешного изучения курса. Обучаемый может общаться с компьютером и коллегами, изучать электронные версии курсов, выполнять лабораторные работы, сдавать тесты, работать над ошибками.

- Подсистема "Курс" обеспечивает доступ к курсам со стороны учащихся, тьюторов, организаторов и администратора. Для каждого пользователя список курсов формируется динамически на основании его членства в группах.

- Подсистема "Регистрация" позволяет выполнить регистрацию новых учащихся в системе и внести информацию о них в базу данных.

- Подсистема "Тест" формирует для каждого учащегося уникальное тестовое задание, сохраняет ответы на вопросы в базе данных, анализирует их и подсчитывает набранный балл. Затем подсистема генерирует подробный отчет о прохождении теста и сохраняет его на сервере для последующего анализа.

- Подсистема "Дизайнер тестов" позволяет в интерактивном режиме создавать новые тесты, расширять и изменять существующие или импортировать тест из текстового файла.

- Подсистема "Дизайнер курсов" позволяет в автономном режиме создавать мультимедийные дистанционные учебные курсы с их последующим размещением на сервере учебного центра.

Система "ОРОКС" [25] (старое название *WEB-Tester*) разработана Московским Областным Центром Новых Информационных Технологий при Московском государственном институте электронной техники (МИЭТ). Система представляет собой многофункциональную сетевую оболочку для создания учебно-методических модулей и организации обучения с удаленным доступом. Система реализована с использованием *WWW CGI*-технологии.

Инструментальная среда ДЕЛЬФИН [7] предназначена для создания обучающих, контролирующих, тренировочных, справочно-консультационных, информационных и других видов компьютерных учебных курсов без ограничения на предметную область. Среда позволяет интегрировать видео, гипермедиа, компьютерные и интернат компоненты в единую обучающую среду. Система является также средством управления процессом обучения.

1.5. Выводы

1) Качество обучения характеризуется актуальностью материала, его структурой, соответствием требованиям государственных стандартов высшего профессионального образования, полнотой охвата видов учебных занятий, оптимальностью объема материала, предъявляемого обучаемому. В значительной мере качество обучения определяется качеством используемых учебных материалов.

2) Автоматизированные обучающие системы – 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 составе АОС, как правило, имеются инструментальные средства создания

электронных учебных изданий. Электронные учебники и учебные пособия позволяют ставить задачу оптимизации маршрутов обучения.

3) В существующих инструментальных обучающих системах имеются развитые средства для создания интерактивных ЭУИ. Однако в них отсутствуют средства для синтеза ЭУИ по критериям семантического соответствия индивидуальным запросам пользователей.

§2. Технологии создания и интеграции электронных учебных изданий

2.1. Типы технологий создания электронных учебных изданий

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

Технологии создания ЭУИ последовательной и иерархической структур описаны многими авторами. Так, в работе [7] создание электронного учебника предполагается в пять этапов: 1) разработка сценария; 2) детализация сценария, определение содержания разделов, формулировка предложений по представлению учебного материала; 3) реализация; 4) инсталляция, тиражирование; 5) сопровождение.

Аналогичный взгляд на процесс проектирования электронных учебников представлен в работе [26], где предлагается следующая последовательность этапов разработки ЭУИ: 1) определение целей и задач разработки; 2) разработка содержания по разделам и темам ЭУИ; 3) подготовка сценариев отдельных программ ЭУИ; 4) программирование; 5) апробация; 6) корректировка по результатам апробации; 7) подготовка методического пособия для пользователя.

В случае иерархической структуры ЭУИ деление 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) контингента обучаемых. Первый уровень изложения рассчитан на наименее подготовленную часть контингента и потому является в той или иной мере упрощенным. Для более подготовленных учащихся предусмотрен материал второго уровня изложения, позволяющий освоить предмет более глубоко.

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

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

Таким образом, имеют место следующие недостатки ЭУИ последовательной и иерархической структуры, с точки зрения адаптивности.

- 1) Ограниченные возможности отражения множества вариантов адаптации (индивидуальных траекторий обучения).

2) Все модули вновь разрабатываемого ЭУИ также разрабатываются заново, предыдущие разработки могут рассматриваться 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 определенных 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 их автоматической или ручной настройки 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 ЭУИ 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 модули, как правило, имеют сравнительно небольшой размер и не привязаны к одному электронному учебнику, т.е. могут быть использованы многократно в разных ЭУИ – модули становятся разделяемыми единицами контента.

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

Первый тип технологий реализован в модели *SCORM* и потому далее будет называться технологией *SCORM*.

Преимущества технологии *SCORM* перед неадаптивными технологиями заключаются, во-первых, в легкости адаптации ЭУИ к изменениям в состоянии соответствующих предметных областей, поскольку 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, разделяемые единицы контента должны быть автономными - обращения из одного модуля к внутреннему содержимому другого модуля с помощью межмодульных гипертекстовых ссылок недопустимы. При формировании ЭУИ создаются лишь межмодульные отношения вида «предыдущий-последующий». Эти обстоятельства ограничивают адаптационные возможности ЭУИ, снижают связность изложения, логическая последовательность изучения понятийного аппарата предметной области остается 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 сети [27, 28]. Семантические сети выражают онтологии предметных областей и потому этот тип технологий создания ЭУИ целесообразно называть адаптивными технологиями на базе онтологического подхода или более кратко технологией ТРЕК (технологией разделяемых единиц контента), как это сделано при ее описании в работе [27].

2.2. Адаптивная технология разделяемых единиц контента

При применении ТРЕК информационно-образовательная среда имеет иерархическую структуру. Верхний уровень среды относится к областям

знаний (или направлениям подготовки специалистов в вузах). Каждая область знаний поддерживается базами электронных образовательных ресурсов (ЭОР), называемыми пакетами, относящимися к отдельным дисциплинам или крупным разделам дисциплин и составляющими второй уровень иерархии. В каждом пакете имеются три основные составляющие (рис. 2.1):

- онтология дисциплины;
- множество разделяемых единиц контента (модулей), среди которых различают основные, тестовые и справочные модули;
- ЭУИ, созданные в рамках дисциплины.

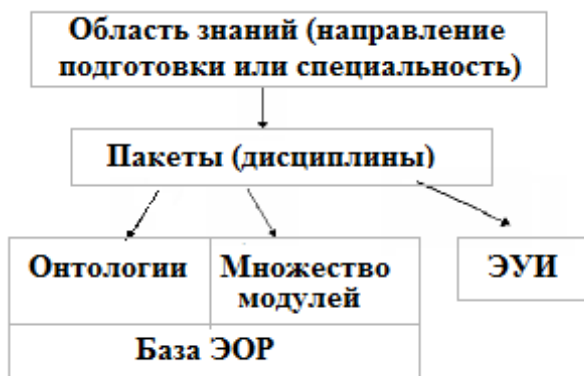


Рис. 2.1. Структура ИОС при использовании ТРЕК

Существует несколько определений онтологии. Одно из них гласит, что *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. В центре большинства онтологий находятся классы. Слоты могут иметь различные фасеты, которые описывают тип значения, разрешенные значения, число значений (мощность) и др.

Другое определение, не противоречащее предыдущему: онтология предметной области - это система понятий, их свойств, значений свойств и отношений между понятиями, представленная формальными средствами.

Один из основных способов представления онтологий - *семантические сети*, вершины в которых соответствуют концептам, а дуги характеризуют отношения между концептами. Другой способ представления онтологий - описание онтологии в виде *тезауруса*, т.е. в виде 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, созданный для целей информационной поддержки промышленных изделий на различных этапах их жизненного цикла и изложенный в группе стандартов STEP, а также языки OWL, DAML, OIL, применяемые преимущественно для целей информационного поиска в семантическом Web.

Методики формирования онтологий описаны во многих работах. Например, в работе [28] представлена следующая последовательность этапов формирования онтологии:

- 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) - разработки программного комплекса;
- тестирование.

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

- связи типа "часть - целое" (И-связи);

- родовидовые связи (ИЛИ-связи);
- атрибутивные связи «объект - свойство объекта»;
- временные («предыдущий - последующий», в течение, позже);
- пространственные связи (далеко от, близко от, под, над);
- каузальные связи («причина - следствие») и др.

Применительно к технологиям создания ЭУИ целесообразно представлять онтологии в виде тезаурусов [29].

Введем следующие обозначения:

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:

$$Z_i = (R_i \in T, X_i \subset W, E_i \subset T), \quad i = 1, \dots, n, \quad (2.1)$$

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 рассматриваемых концептов.

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

$$e_{i,k} \in E_i \prec R_i.$$

Пояснение понятий, их свойств и характеристик содержится в модулях. В одном модуле может содержаться 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 модуля представляют собой спецификацию, включающую его регистрационные и интерфейсные атрибуты.

К регистрационным атрибутам модуля относятся имена авторов модуля, даты написания модуля и внесения изменений, уровень сложности, данные о сертификации модуля и т.п.

Интерфейсные атрибуты модуля служат для согласования данного модуля с другими модулями в составе создаваемых ЭУИ и включают в себя 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 определен аналогично (2.1) следующим образом:

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

Здесь B_j - множество входов j -го модуля, A_j - множество его выходов, C_j - метаданные и содержимое модуля.

Любой из входов $b_{j,l} \in B_j$ должен предшествовать любому из выходов $a_{j,k} \in A_j$. Соблюдение этого условия при наличии предварительно разработанного тезауруса обеспечивается следующей процедурой формирования множеств B_j, A_j .

1) Сначала система автоматически формирует и предъявляет разработчику модуля исходный вариант этих множеств путем поиска в содержимом модуля C_j всех тех слов и словосочетаний, которые входят во множество терминов T .

2) Далее автор модуля отмечает среди указанных слов и словосочетаний те, которые с его точки зрения являются существенными для понимания содержимого модуля.

3) Любой отмеченный автором выход $a_{j,k}$ порождает запись термина $a_{j,k}$ и адреса модуля M_j в список адресов S . Аналогично, отмеченный автором вход $b_{p,q}$ порождает ссылку на строку в списке S , соответствующую термину $b_{p,q}$, а затем - гиперссылку на модуль M_p .

Таким образом происходит полуавтоматическое преобразование текста модуля в гипертекст. Задача разработчика модуля заключается лишь в том, чтобы отметить нужные термины в предъявленных системой списках B_j , A_j . Аналогичным образом преобразуются в гипертекст краткие определения X_i тезауруса.

При использовании онтологий в структурах баз данных электронного образовательного ресурса и ЭУИ следует различать связи межмодульные, межпонятийные и смешанные. Межмодульные связи определяют последовательность изучения модулей, т.е. определяют отношения «предыдущий - последующий». Межпонятийные связи определяют отношения между онтологиями предметных областей. Смешанные связи являются связями между концептами и модулями, они характеризуются вхождением в модули входных или выходных концептов.

Важным отличием структуры ЭУИ при применении ТРЕК от структур учебников, разработанных в соответствии с другими технологиями, является наличие в первых ЭУИ кроме межмодульных, также смешанных связей (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Сетевая структура ЭУИ

Такая структура ЭУИ позволяет перейти из ЭУИ в тезаурус для получения краткой информации по любому используемому в ЭУИ понятию с связи 1, а если нужна более полная информация, получить ее, благодаря наличию связей 2, 4. При этом взаимные переходы между множествами модулей и тезаурусом при работе пользователя с ЭУИ могут быть многошаговыми (например, последовательно могут быть активированы связи 1 – 2 – 4 – 3 – 4 и т.д.).

Отметим, что учебные пособия, сформированные по технологии разделяемых единиц контента, обладают расширенными возможностями адаптации, благодаря исполнению ЭУИ в среде полной базы данных электронного образовательного ресурса. Вне этой среды возможности навигации по всему информационно-образовательному пространству утрачиваются.

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 определенным контингентом обучаемых.

При этом исходным материалом для создания ЭУИ служат онтологии и множество учебных модулей, разработка которых есть функция авторов базы данных соответствующего электронного образовательного ресурса.

4) Полуавтоматическое преобразование текста в гипертекст.

5) Развитые поисковые возможности, благодаря использованию онтологий.

2.3. Интеграция баз данных электронных образовательных ресурсов

К настоящему времени создано большое число АОС и инструментальных сред. Разработкой баз электронных образовательных ресурсов занимаются многие преподавательские коллективы в университетах многих стран. В России находят применение отечественные (*Competentum*.МАГИСТР 2008, СДТ *REDCLASS*, *HyperMethod*, ПРОМЕТЕЙ, КАДИС и др.) автоматизированные обучающие системы, а также зарубежные (*WebCT*, *Learning Space 5.0*, *Microsoft Class Server 3.0*, *Raptivity* и др.) системы. С помощью этих систем разработано большое число ЭУИ.

Развитие баз данных электронных образовательных ресурсов происходит путем их пополнения из различных источников, поскольку только некоторые крупные организации, располагающие большими средствами, могут без привлечения сторонних источников создавать такие базы данных, полностью обеспечивающие реализуемые образовательные программы. Как правило, в информационно-образовательных средах используются электронные образовательные ресурсы, разработанные разными коллективами. Причем включение некоторого ресурса в базу данных электронного образовательного ресурса необязательно подразумевает физическое размещение ресурса на сервере организации, владеющей этой базой данных - достаточно лишь ссылки на ресурс. Таким образом, возникает проблема объединения различных электронных образовательных ресурсов в составе одной АОС.

Чем проще структуры ЭУИ, тем легче их интегрировать. Так, для использования ЭУИ последовательной структуры рис. 1.1а в форматах *Word*

или *html* достаточно иметь соответствующий редактор или браузер. Основной путь решения проблемы интеграции - унификация и стандартизация тех характеристик электронных образовательных ресурсов, которые определяют такие процедуры, как представление учебных материалов пользователю, поиск электронных образовательных ресурсов в образовательном пространстве, управление учебным процессом.

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

- Образовательный консорциум по проблемам систем управления обучением *IMS GLC (Instructional Management Systems Global Learning Consortium)*.
- Комитет стандартизации в области технологий обучения *LTSC*, созданный при 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 распределенное 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 репозиторий ресурсов и др. Оговорен список форматов, допустимых для представления графической информации, видео- и аудиофайлов.

Для каталогизации документальных ресурсов и их поиска разработаны международные стандарты *Dublin Core* (Дублинское ядро), развиваемые с 1995 г. организацией *Dublin Core Metadata Initiative* [30]. В сфере образования широко известен стандарт *IEEE Learning Object Metadata (LOM)* [31].

LOM - это система описания метаданных образовательных ресурсов. Система предложена *IEEE LTSC* и используется *IMS*. *LOM* определяет следующие категории метаданных:

- 1) общая категория объединяет информацию об учебном объекте в целом;
- 2) категория жизненного цикла группирует элементы об истории и текущем состоянии учебного объекта и тех, кто влиял на него в ходе эволюции;
- 3) категория мета-метаданных содержит информацию о метаданных;
- 4) техническая категория группирует технические требования и характеристики учебного объекта;
- 5) образовательная категория объединяет образовательные и педагогические характеристики;
- 6) категория прав содержит данные об интеллектуальной собственности и условиях использования;
- 7) категория связей (реляций) определяет понятия, определяющие взаимосвязи между данным и иными учебными объектами;
- 8) категория аннотации представляет комментарии к учебному использованию объекта и данные о создателях этих комментариев;
- 9) классификационная категория определяет место данного объекта в пространстве той или иной классификационной схемы.

Требования к структурам ЭУИ, обеспечивающие интероперабельность ресурсов в Интернет и их совместимость с системами управления обучением *LMS (Learning Management Systems)*, представлены в стандартах *IMS Content Packaging Information Model* [32] и стандарте *SCORM* [12].

Стандартизованная структура ЭУИ состоит из манифеста, содержащего общие сведения о ЭУИ, и контента - собственно учебного материала (рис. 2.3).

Манифест в стандартах *IMS* (*IMS*-манифест) - это специальный файл, представленный на языке *XML* и служащий для задания атрибутов образовательного ресурса. *IMS*-манифест описывает иерархически организованные физическую и логическую структуры электронного образовательного ресурса.

Верхний уровень манифеста задает описание объекта как единого целого и его место в образовательном процессе. Каждому файлу учебного материала также может соответствовать некоторая описательная информация, называемая метаданными, которая также включается в манифест.

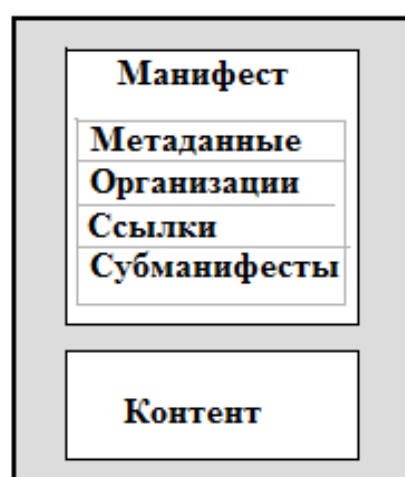


Рис. 2.3. Стандартная структура ЭУИ

В физической структуре нижний уровень отводится описанию файлов, на следующем уровне располагаются ресурсы, включающие в себя файлы и их метаданные. Ресурсы и их метаданные объединяются в блоки.

Логическая структура задает организацию данных, показывающую вложенность компонентов нижних уровней в компоненты верхних уровней. Логическая структура образовательного ресурса представляет собой список

узлов, каждый из которых может включать в себя списки других узлов. Аналогично файлам и ресурсам узел может включать в себя метаданные.

Образовательные объекты могут конструироваться из других образовательных объектов. Вложенность образовательных объектов друг в друга обеспечивается путем включения в *IMS*-манифест образовательного ресурса манифестов его компонентов.

XML-структура манифеста представляет собой контейнер *Manifest* с уникальным идентификатором и номером версии манифеста, в который вложены контейнеры метаданных манифеста, логической организации данных, физической структуры и манифестов вложенных компонентов. В логической организации фигурируют контейнеры узлов со своими метаданными. Внутри контейнера физической структуры имеются контейнеры ресурсов с метаданными, со ссылками на *URL* ресурсов и вложенных файлов.

С использованием стандартов *IMS* и *SCORM* реализуются крупные проекты создания баз электронных образовательных ресурсов и систем открытого доступа к ним. Прежде всего следует назвать проект консорциума *OCW - Open Course Ware* [33], иницируемый ЮНЕСКО и поддержанный десятками университетов разных стран. В создаваемой информационно-образовательной среде обеспечиваются автоматическое взаимодействие между базами электронных образовательных ресурсов на основе *XML*-подобного формата представления данных *RSS*, сбор информации, отслеживание происходящих в базах данных изменений, доступ пользователей к распределенным ресурсам. Технология *RSS* позволяет компьютерам автоматически распознавать и отбирать информацию, нужную пользователям, составлять списки тем и предметов, интересующих конкретного пользователя, и следить за изменением соответствующих ресурсов.

Другой пример интегрированной среды - система доступа к образовательным ресурсам *OER (Open Educational Resources Commons)*, уже насчитывающая несколько тысяч образовательных ресурсов [34].

На роль интегрированной среды образовательных ресурсов претендует также построенная на принципах Википедии система Викиучебник [35], созданная фондом "Викимедиа" в 2003 г.

Викиучебник – это веб-сайт для коллективного написания учебной литературы на принципах свободы информации: каждый зарегистрированный пользователь может создать и изменить любую страницу любого учебника, и каждый может бесплатно читать, копировать, издавать и изменять его содержимое. Доступ к викиучебникам открыт на сайте <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.

В России создана система образовательных порталов [36], примерами которых являются портал «Российское образование», естественно-научный портал, а также порталы «Экономика, социология, менеджмент», «Инженерное образование» и др.

Быстрое развитие 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 электронных образовательных ресурсов, созданных в соответствии с адаптивной технологией разделяемых единиц контента, а также с помощью других технологий.

Особенностью ЭУИ, созданных по технологии разделяемых единиц контента, является их исполнение в одной среде с тезаурусом и пакетами множества других дисциплин, как это показано на рис. 2.2. Для поддержки адаптационных возможностей ТРЕК необходима соответствующая АОС, реализующая онтологии предметных областей. При отсутствии такой системы, в переданном в другую среду ЭУИ теряются межпонятийные связи

и, следовательно, теряются преимущества адаптивной ТРЕК перед моделью SCORM.

Другая особенность интеграции баз электронных образовательных ресурсов при применении адаптивной ТРЕК заключается в необходимости интеграции онтологий одних и тех же или смежных предметных областей, получаемых из разных источников.

Объединение семантических сетей возможно путем слияния вершин, которые соответствуют одинаковым концептам, а также соответствующих дуг, которые ассоциированы с одинаковыми отношениями. При этом разнонаправленная интерпретация одного и того же отношения в объединяемых сетях вызывает появление замкнутых контуров - нарушение принципа «понятие А, используемое для определения понятия В, должно быть определено в формируемом ЭУИ раньше понятия В». Здесь под разнонаправленной интерпретацией отношения подразумевается его представление в одной семантической сети, как $\{A, B\}$, а в другой как $\{B, A\}$. Например, в первом случае имеем отношение «род-вид», а в другом оно представляется как «вид-род». Заметим, что разнонаправленными могут быть не только родовидовые отношения, но и многие другие - «часть-целое», «причина-следствие», «предыдущий-последующий» и т.д.

Автоматическая интеграция семантических сетей становится возможной, если использовать следующие ограничивающие правила при формировании онтологий:

- 1) имеют место только направленные связи, т.е. семантическая сеть представляется в виде орграфа;
- 2) допустима только заранее оговоренная интерпретация разнонаправленных отношений, например, только «род-вид» (с запретом связей «вид-род»).

Другими словами, из двух стилей изложения материала - дедуктивный (нисходящий) или индуктивный (восходящий) - должен быть выбран какой-

либо один и этот стиль должен использоваться во всех онтологиях, претендующих на объединение.

Для исследования вопроса, насколько жесткими являются ограничения на построение онтологий, диктуемые сформулированными правилами, целесообразно оценить, во-первых, долю направленных отношений в онтологиях и, во-вторых, степень разнонаправленности этих отношений.

Исследование проводилось на случайно выбранных фрагментах онтологий дисциплин «Сети и телекоммуникационные технологии», «Генетические алгоритмы» и «Программная инженерия», разработанных и используемых в системе БиГОР [37]. Результаты исследования приведены в табл. 1, где N - число экземпляров отношений конкретного типа, K – коэффициент разнонаправленности, равный отношению числа превалирующих отношений к общему числу отношений данного типа.

Из данных таблицы, во-первых, следует, что поскольку в онтологиях преобладают направленные отношения (76,5 % от общего числа отношений), допустимо ненаправленными отношениями пренебречь ради обеспечения интегрируемости онтологий. Во-вторых, в направленных онтологиях превалируют отношения одного направления, это часть/целое, вид/род, воздействие/объект и объект/местоположение (в табл. 1 выделены курсивом). Именно эти отношения и следует использовать в онтологиях, отказавшись от отношений противоположной упорядоченности.

Табл. 2.1

Вид отношения	N	N, %	K
Целое/часть	9	4,0	-
<i>Часть/целое</i>	43	19,0	0,83
Род/вид	0	0	-
<i>Вид/род</i>	79	35,0	1
<i>Воздействие/объект</i>	29	12,8	0,91
Объект/воздействие	3	1,3	-
Объект/свойство	0	0	-
<i>Свойство/объект</i>	5	2,2	1
<i>Объект/местоположение</i>	4	1,8	0,8
Местоположение / объект	1	0,4	-
<i>Прочие</i>	53	23,5	
Итого	226	100	

2.4. Выводы

1) Для индивидуализации обучения требуется создание ЭУИ на основе адаптивных технологий. Адаптивные технологии создания ЭУИ характеризуются мелкомодульностью и возможностью использования разработанных модулей во многих ЭУИ.

2) Наиболее известной адаптивной технологией создания ЭУИ является SCORM. Однако в технологии SCORM отсутствуют средства реализации межмодульных отношений, что снижает ее адаптационные возможности. Этого недостатка лишена технология разделяемых единиц контента (ТРЕК), основанная на онтологическом подходе.

3) Для поддержки адаптационных возможностей ТРЕК необходима соответствующая АОС, реализующая онтологии предметных областей.

4) Для решения проблемы семантической интеграции баз данных электронных образовательных ресурсов на основе адаптивной технологии

разделяемых единиц контента необходимо использование однонаправленных отношений концептов.

§3. Синтез оптимальных маршрутов обучения

3.1. Метод построения оптимальных маршрутов обучения

В развитых базах электронных образовательных ресурсов обычно имеется более чем по одному модулю, поясняющему одно и то же понятие. Такие модули могут различаться своим объемом, 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 соответствующее индивидуализированное ЭУИ.

Одна из задач построения оптимальных маршрутов обучения рассмотрена в работе [29], в которой предлагается оптимальное размещение точек контроля знаний в последовательности учебных модулей. Однако задача построения оптимального индивидуализированного ЭУИ в этой работе не рассматривалась.

Ниже предложен метод построения оптимальных маршрутов, адаптированных к индивидуальным потребностям обучаемых. Возможными критериями оптимальности маршрутов могут служить

- длина маршрута, измеряемая числом модулей или их объемом;
- некоторая функция параметров, входящих в метаданные тех модулей, которые включены в данное ЭУИ (например, сложность изложения материала).

Индивидуализация маршрута определяется тем, что основными исходными данными при его построении являются данные, характеризующие запросы обучаемого, а также достигнутый им уровень знаний.

При описании предлагаемого метода формирования маршрута обучения, метода синтеза поддерживающего его учебного пособия и модели образовательного пространства будем использовать следующие понятия и их определения [38].

Целевой концепт - концепт (понятие), который должен быть изучен с помощью синтезируемого учебного пособия.

Исходный концепт - концепт, уже изученный пользователем.

Семантическая сеть концептов – сеть, вершинам которой соответствуют концепты, а дугам - межпонятийные отношения. Так, если A – определяющее понятие, а B – определяемое, то дуга направлена от вершины A к вершине B и обозначается $A \rightarrow B$.

Семантическая сеть модулей - сеть, вершинам которой соответствуют модули учебного материала, а дугам - межмодульные отношения. Дуга $X \rightarrow Y$ имеет место, если некоторое понятие B определено в модуле X и используется в модуле Y . При этом, как отмечено выше, понятие B является *выходным понятием* модуля X и *входным понятием* модуля Y .

Переменная концепта K (*k-переменная*) - логическая переменная, принимающая значение *true*, если концепт K входит в синтезируемый маршрут обучения. Иначе *k-переменная* имеет значение *false*. Аналогично определяется *t-переменная* - логическая переменная модуля M .

В качестве модели поискового пространства, содержащей все возможные маршруты обучения, используется сетевая структура базы данных электронного образовательного ресурса, подобная структуре, приведенной на рис. 2.2. Отличие состоит в том, что используется детализация приведенных на рисунке множеств модулей и концептов, а также связей между ними. Полученный граф (в частном случае - дерево) по своей семантике является И-ИЛИ графом.

В указанном И-ИЛИ графе дуги, входящие в вершину концепта, соответствуют возможным альтернативам в выборе модулей, поясняющих этот концепт, т.е. вершины являются ИЛИ-вершинами. Дуги, входящие

в вершину модуля, соответствуют входам этого модуля. Для активизации (понимания) этого модуля все входные понятия предварительно должны быть изучены, следовательно, вершины модулей являются И-вершинами. Таким образом, модель образовательного пространства представляет собой И-ИЛИ-граф, образованный объединением семантических сетей концептов и модулей.

Задача синтеза маршрута обучения формулируется следующим образом. Задано множество целевых концептов $T_{цел}$, известно также исходное множество концептов $T_{исх}$. Нужно построить подграф И-ИЛИ-графа, содержащий пути от исходных концептов (или от концептов, не имеющих входов) к каждому из целевых концептов. Поскольку в общем случае задача имеет множество решений, среди них нужно выбрать одно, оптимальное по заданному критерию.

Концепты и модули, вошедшие в искомые пути, должны поясняться в пособии, т.е. их переменные должны иметь значения true. Пояснения концептов содержатся в модулях. Для того чтобы был изучен концепт k_i , нужно в маршруте обучения иметь хотя бы один модуль, поясняющий этот концепт. Другими словами, чтобы k_i -переменная имела значение true, требуется чтобы значение true имела хотя бы одной из m -переменных тех модулей, в которых определяется k_i . С другой стороны, чтобы модуль с пояснением концепта k_i (пусть это будет модуль $m_{i,j}$) был понятен обучаемому, он должен знать или предварительно изучить входные для модуля $m_{i,j}$ концепты. Переменные этих концептов должны иметь значение true.

Следовательно, для синтезируемого маршрута должно соблюдаться правило

$$k_i = \sum_j m_{i,j} * \prod_r k_{i,r} = true, \quad j \in J_i, \quad r \in R_j. \quad (3.1)$$

Здесь и далее для краткости записи в формулах вместо k_i -переменных и m_j -переменных используются символы k_i и m_j соответственно; k_i – целевой

концепт, Σ и Π – знаки логических сложения и умножения, J_i - множество номеров модулей, в которых определен концепт k_i , R_j - множество номеров входных для модуля m_j концептов.

Из формулы (3.1) следует, что вершинам концептов соответствует связка дизъюнкции (потому эти вершины названы вершинами типа ИЛИ), а вершинам модулей соответствует связка конъюнкции (потому эти вершины - вершины типа И).

Пример модели приведен на рис. 3.1, где вершины концептов показаны в виде овалов, а вершины модулей – в виде прямоугольников.

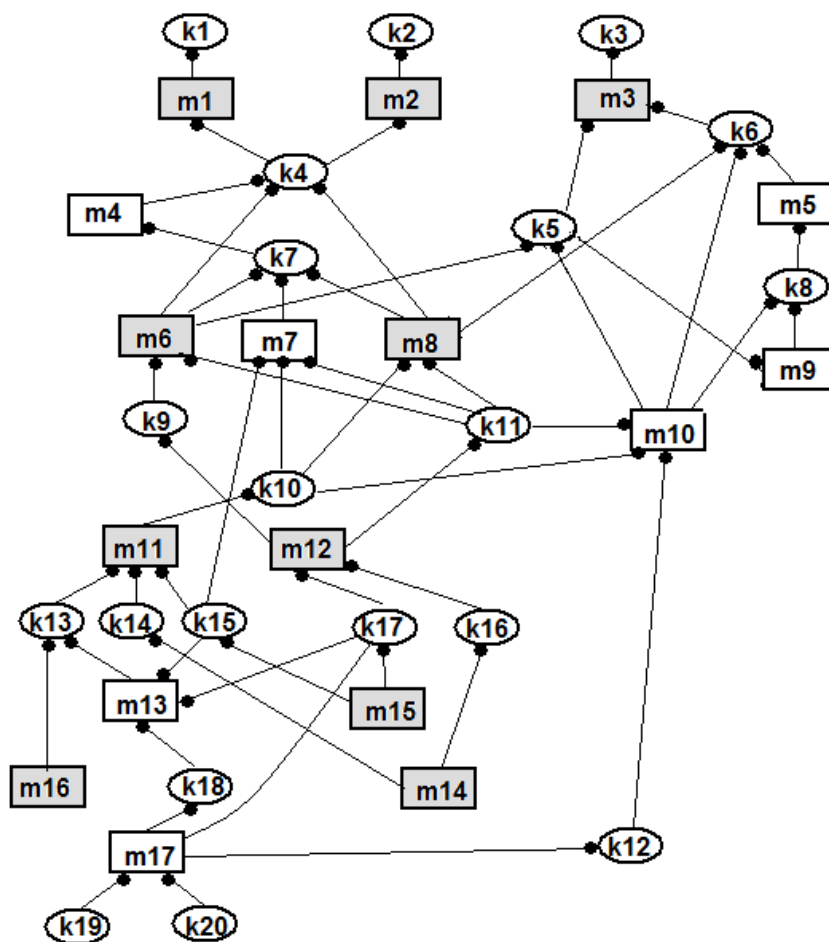


Рис. 3.1. Фрагмент семантической сети базы данных электронного образовательного ресурса

Синтез маршрутов обучения начинается с выбора множества целевых и исходных концептов. Этот выбор выполняет преподаватель, ориентируясь на индивидуальные особенности обучаемого и/или на учебную программу курса. При самообразовании задание цели исходит от самого обучаемого, которому нужно пособие для ее достижения.

Далее выполняется циклический вычислительный процесс выбора модулей - на основе формулы (3.1) для каждого целевого концепта производится последовательная замена в k -переменных на m -переменные и новые k -переменные. Этот процесс продолжается до тех пор, пока в правых частях формул (3.1) не будет переменных других концептов, кроме исходных.

При формировании маршрутов используются очевидные правила

$$k * k = k, a * m + m = m, \quad (3.2)$$

где $*$ - знак конъюнкции, $+$ - знак дизъюнкции.

По окончании указанного циклического процесса и раскрытия всех скобок имеем дизъюнктивную нормальную форму, в которой каждый дизъюнкт представляет собой один из альтернативных маршрутов обучения. Среди этих маршрутов нужно выбрать маршрут, оптимальный по одному из критериев.

3.2. Пример синтеза маршрута обучения

Рассмотрим пример синтеза маршрута обучения, иллюстрируемый графом, который приведен на рис. 3.1. Пусть в качестве целевых концептов заданы концепты k_1, k_2, k_3 (исходные концепты на рис. 3.1 не показаны). Обозначим функцию, определяющую множество маршрутов обучения, через $\mathbf{M}$. Каждый дизъюнктивный член этой функции отображает один из маршрутов обучения.

Исполнение алгоритма начинается с описания $\mathbf{M}$ в виде конъюнкции целевых концептов (напомним, что для k -переменных и m -переменных

используются те же обозначения, что и для соответствующих им концептов и модулей):

$$\mathbf{M} = k_1 * k_2 * k_3.$$

Далее применение правила (3.1):

$$\begin{aligned} \mathbf{M} &= m_1 * k_4 * m_2 * k_4 * m_3 * k_5 * k_6 = \\ &= m_1 * k_4 * m_2 * m_3 * k_5 * k_6, \end{aligned}$$

поскольку $k_4 * k_4 = k_4$. Продолжая замены переменных, получаем:

$$\begin{aligned} \mathbf{M} &= m_1 * (m_4 * k_7 + m_6 * k_9 * k_{11} + m_8 * k_{10} * k_{11}) * m_2 * m_3 * (m_6 * k_9 * k_{11} + \\ &\quad m_{10} * k_{10} * k_{11} * k_{12}) * (m_8 * k_{10} * k_{11} + m_{10} * k_{10} * k_{11} * k_{12} + m_5 * k_8) = \\ &= m_1 * (m_4 * (m_6 * k_9 * k_{11} + m_7 * k_{10} * k_{11} * k_{15} + m_8 * k_{10} * k_{11}) + \\ &\quad m_6 * m_{12} * k_{16} * k_{17} + \\ &\quad m_8 * m_{11} * k_{13} * k_{14} * k_{15} * m_{12} * k_{16} * k_{17} * m_2 * m_3 * \\ &\quad (m_6 * m_{12} * k_{16} * k_{17} + m_{10} * m_{11} * k_{13} * k_{14} * k_{15} * m_{17} * k_{19} * k_{20}) * \\ &\quad (m_8 * m_{11} * k_{13} * k_{14} * k_{15} * m_{12} * k_{16} * k_{17} + \\ &\quad m_{10} * m_{11} * k_{13} * k_{14} * k_{15} * m_{12} * k_{16} * k_{17} * m_{17} * k_{19} * k_{20} + \\ &\quad m_5 * (m_9 * k_5 + m_{10} * k_{10} * k_{11} * k_{12}))) \end{aligned}$$

После раскрытия скобок с учетом правил (2), получаем следующий список из четырех альтернативных маршрутов:

$$\begin{aligned} &m_1 * m_2 * m_3 * m_4 * m_7 * m_{10} * m_{11} * m_{12} * m_{14} * m_{15} * m_{16} * m_{17} * k_{19} * k_{20}; \\ &m_1 * m_2 * m_3 * m_6 * m_8 * m_{11} * m_{12} * m_{14} * m_{15} * m_{16}; \\ &m_1 * m_2 * m_3 * m_6 * m_{10} * m_{11} * m_{12} * m_{14} * m_{15} * m_{16} * m_{17} * k_{19} * k_{20}; \\ &m_1 * m_2 * m_3 * m_8 * m_{10} * m_{11} * m_{12} * m_{14} * m_{15} * m_{16} * m_{17} * k_{19} * k_{20}. \end{aligned}$$

Выбор одного из них выполняется в соответствии с некоторым критерием оптимальности. Например, если пользователя интересует наиболее короткое учебное пособие и длина пособия измеряется числом входящих в него модулей, то будет выбран маршрут

$$m_1 * m_2 * m_3 * m_6 * m_8 * m_{11} * m_{12} * m_{14} * m_{15} * m_{16},$$

модули которого на рисунке показаны слегка затененными.

3.3. Выводы

1) Моделью задачи синтеза маршрутов обучения является семантическая сеть в виде И-ИЛИ-графа, содержащего концепты и учебные модули предметной области, а также смешанные отношения между ними.

2) Задача синтеза маршрута обучения сводится к описанию указанного И-ИЛИ графа в виде логической скобочной формы и ее преобразованию. Выбор оптимального маршрута сводится к выбору дизъюнкта финальной формы, соответствующего минимуму используемого критерия оптимальности маршрута. Критерий оптимальности может отражать объем материала, его сложность, другие возможные требования пользователей к ЭУИ.

§4. Реализация разработанных методов в системе «База и генератор образовательных ресурсов» (БиГОР)

4.1. Структура и функции системы БиГОР

Система БиГОР предназначена для создания и сопровождения баз учебных материалов, синтеза новых электронных учебных пособий в соответствии с технологией разделяемых единиц контента, также для использования созданных пособий обучаемыми. Другими словами, система реализует функции инструментальной среды создания ЭУИ и ряд функций автоматизированной обучающей системы.

В состав системы входят следующие подсистемы:

- 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 определенной 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 примере понятие «Таблица маршрутизации» определено через понятия «Маршрутизатор», «IP-адрес» и «Порт».

Концепт: Таблица маршрутизации

Краткое определение: Таблица в памяти маршрутизатора, устанавливающая соответствие между IP-адресом адресата и портом маршрутизатора

Представление отношений возможно не только путем выделения терминов в тексте краткого определения, но 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. Типичные размеры модулей составляют от одного абзаца до нескольких страниц текста с возможными вставками рисунков, фотографий, видеофрагментов и т.п.

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 автоматизированных обучающих системах 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 применения для решения практических задач. Тестовые задания могут быть различных типов, например, требующие выбора правильного варианта ответа из приведенного 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 наделен 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 разрешенных символов новых изображений, определенных 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 между собой никакими предварительными договоренностями, 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 трех возможных подмножеств относятся подсвеченные термины V_i - к подмножеству выходных, входных или

простых ссылочных терминов. При указании выходного термина система формирует строку таблицы **М**, 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 **М** – к модулям, в которых термин V_i определен. 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 ее на клиентской машине или в сетевом варианте с использованием Web-технологий.

4.2. Реализация в системе БиГОР модели и метода синтеза маршрутов обучения

Реализация в системе БиГОР разработанного метода синтеза маршрутов обучения потребовала, прежде всего, включения в систему алгоритмов построения и визуализации смешанных семантических сетей концептов и модулей, пример которых приведен на рис. 4.1. Основой алгоритмов построения смешанных сетей стали уже имеющиеся в БиГОР алгоритмы построения отдельных сетей концептов и списков модулей.

Исполнение алгоритмов построения смешанной семантической сети и выделения на ней маршрута обучения удобно проиллюстрировать примерами экранных изображений, получающихся в результате выполнения основных этапов алгоритмов.

Предположим, что целевые концепты задаются пользователем с помощью поисковой подсистемы БиГОРа, и пользователь отыскивает маршрут изучения концепта «шейдер». На рис. 4.1 приведена экран входа в поисковую подсистему с термином «шейдер». Результатом операции является вход в элемент тезауруса «шейдер» (т.е. вход в вершину семантической сети «шейдер») – см. рис. 4.2.

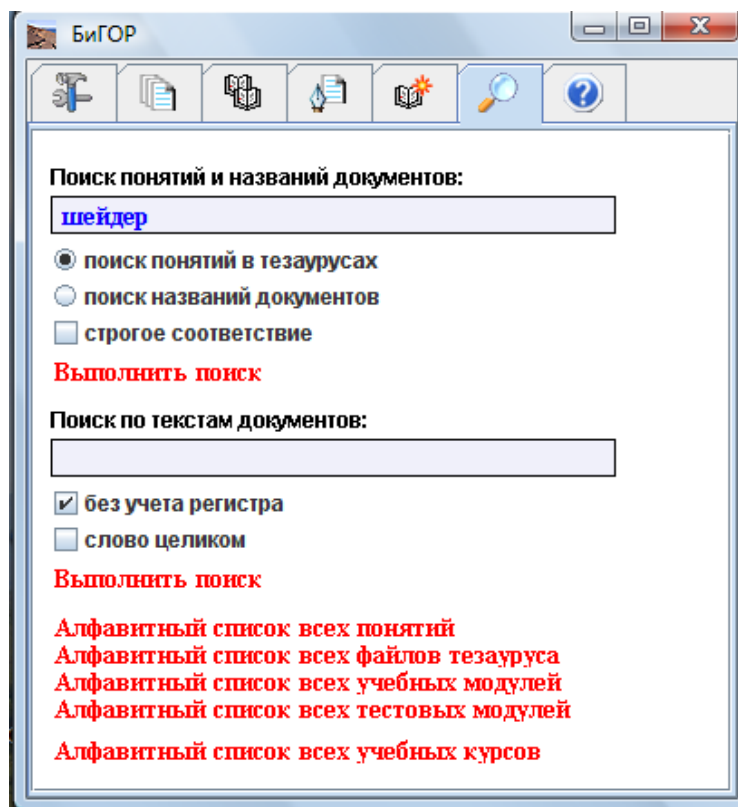


Рис. 4.1. Вход в поисковую подсистему

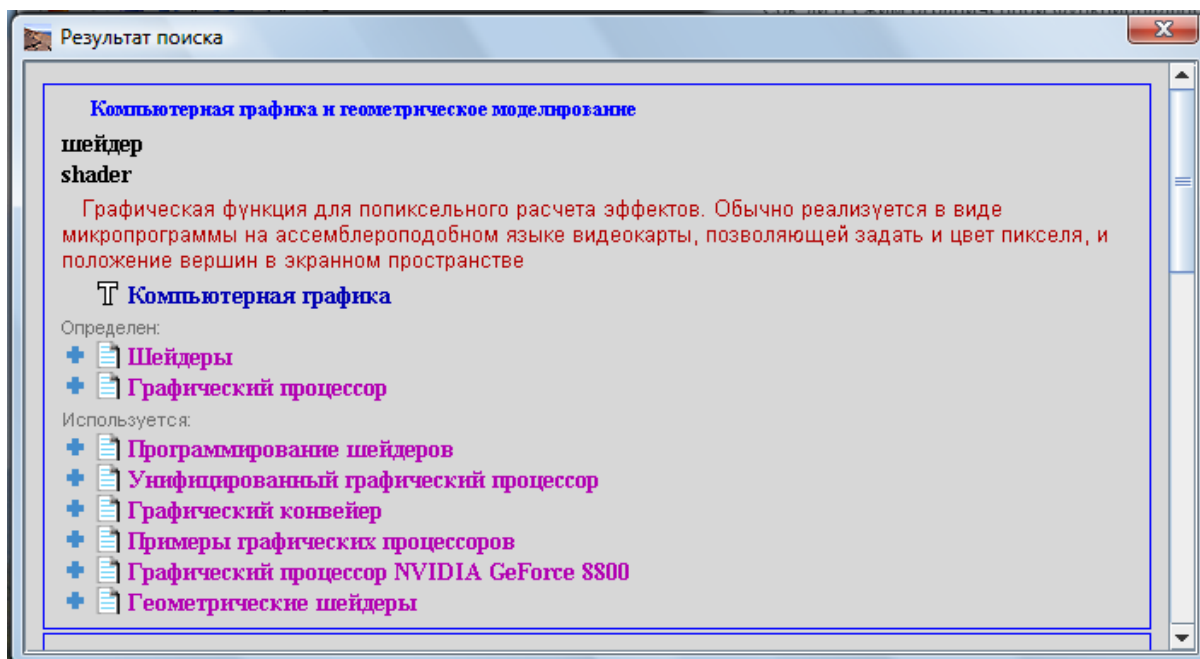


Рис. 4.2. Результат поиска

В элементе «шейдер» указан список модулей, для которых «шейдер» является выходом, - модули «Шейдеры» и «Графический процессор». На этом этапе исполнения алгоритма создается фрагмент смешанной сети рис. 4.3, где «шейдер» - ИЛИ-вершина, а «Шейдеры» и «Графический процессор» интерпретируются, как И-вершины.



Рис. 4.3. Начало смешанной семантической сети

Далее система начинает обработку входов И-вершин. Сначала обрабатывается вершина «Шейдеры», при этом появляется экран с содержимым одноименного модуля (рис. 4.4).

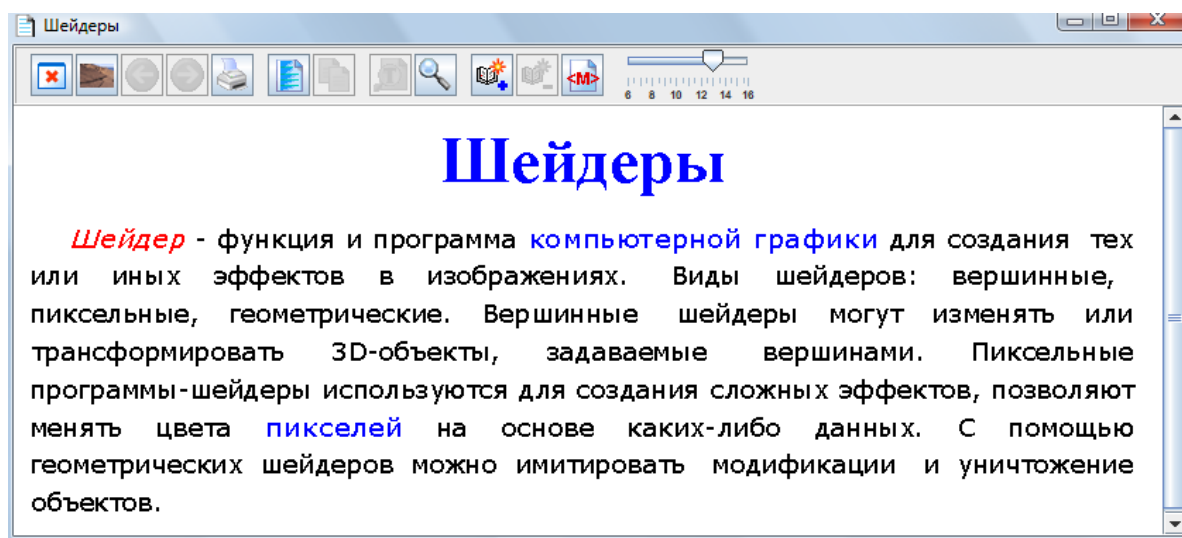


Рис. 4.4. Модуль «Шейдеры»

Выбрав пункт <M> в верхнем меню, экранной формы, представленной на рис. 4.4, получаем экран с метаданными модуля «Шейдеры» (рис. 4.5). Как видно из списка входных понятий, имеющегося в метаданных, входами для И-вершины «Шейдеры» являются концепты «машинная графика» и «пиксель».

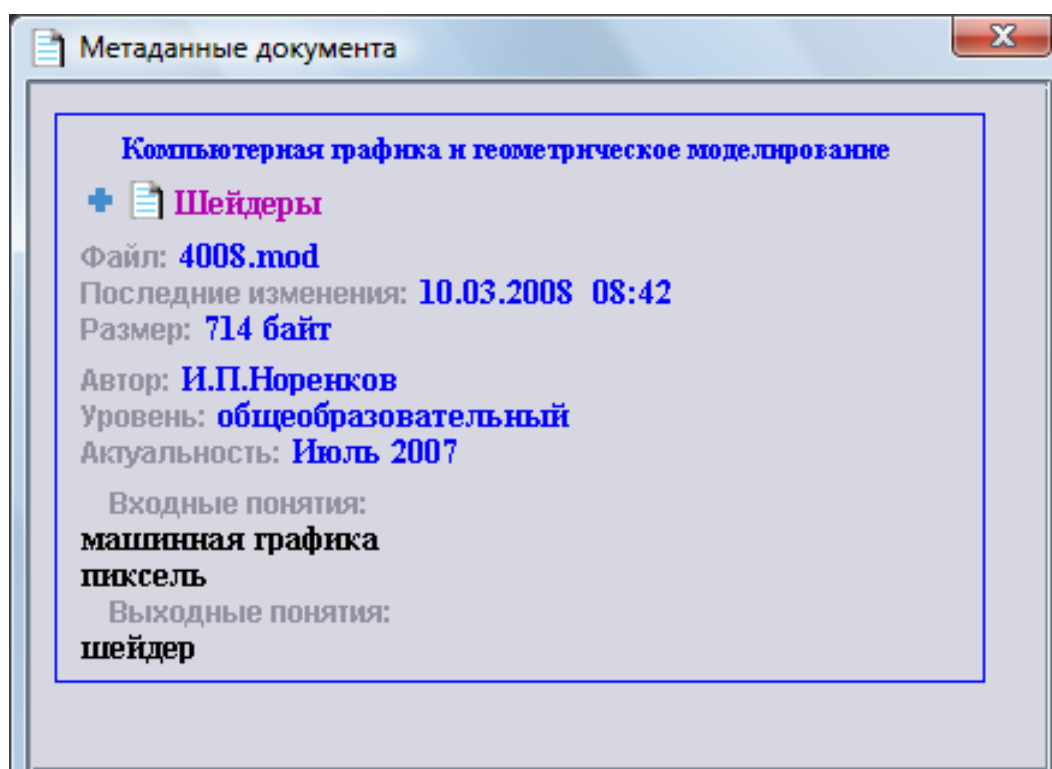


Рис. 4.5. Метаданные модуля «Шейдеры»

Для иерархических структур возможны два пути исследования: в ширину и в глубину.

Если использовать движение в глубину, то осуществляется переход к концепту «машинная графика», что иллюстрируется экраном рис. 4.6, из которого видно, что входом ИЛИ-вершины «машинная графика» является дуга из И-вершины «Типы геометрических моделей».

Если же использовать движение в ширину, то осуществляется переход к модулю «Графический процессор» и к его метаданным. Как видно из рис. 4.7, у этого модуля девять входов. К этому моменту синтезируемая сеть имеет вид, представленный на рис. 4.8.

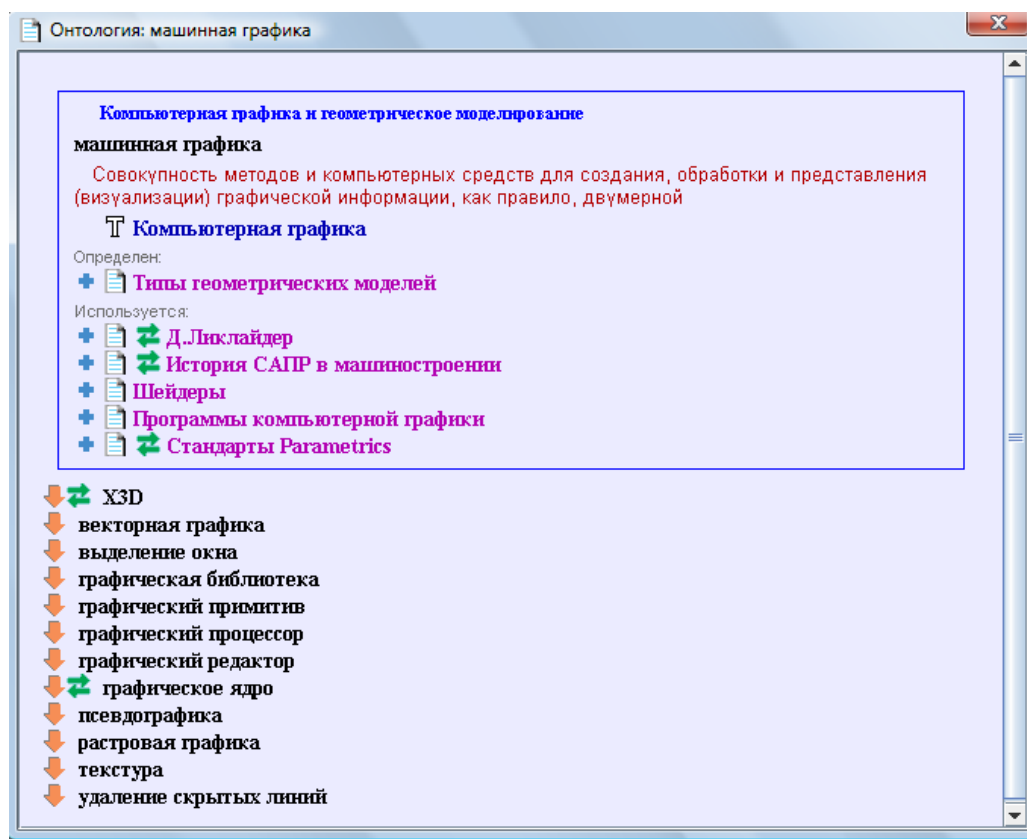


Рис.4.6. Вершина «машинная графика» в семантической сети концептов

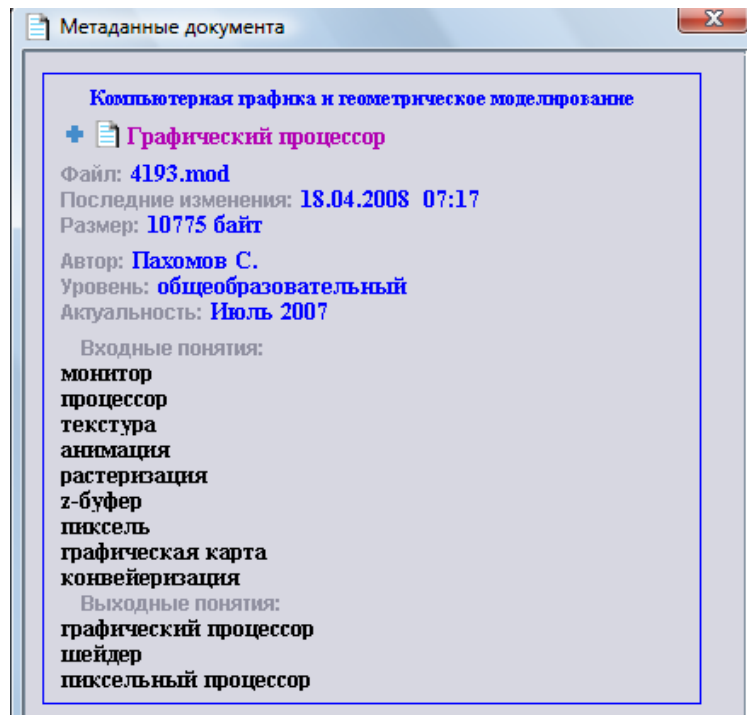


Рис. 4.7. Метаданные модуля «Графический процессор»

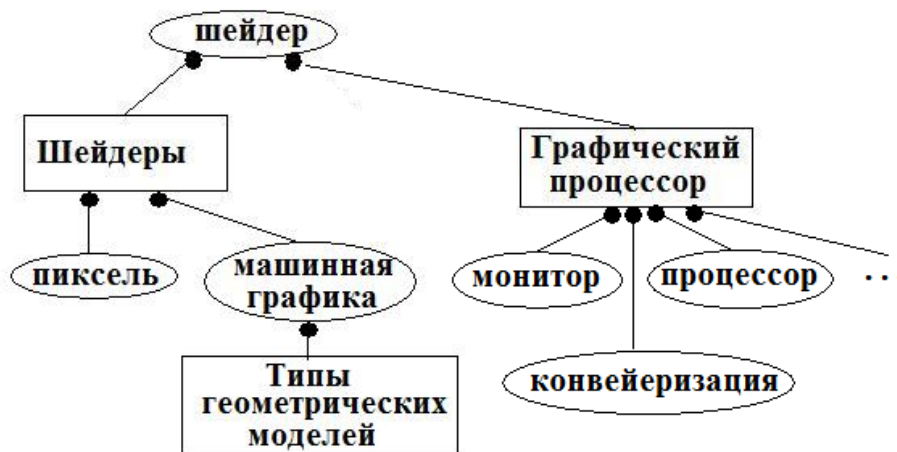


Рис. 4.8. Вид смешанной семантической сети после нескольких начальных операций ее построения

Построение смешанной семантической сети продолжается путем сочетания движений в ширину и глубину вплоть до момента, когда все траектории движения не закончатся на концептах, признаваемых известными обучаемому. Аналогичным путем строятся фрагменты сети для других заданных целевых концептов. Алгоритм поиска совпадающих вершин

(алгоритм объединения онтологий) производит слияние фрагментов, полученных для разных фрагментов.

После этого алгоритм, реализующий формулы (3.1), (3.2), строит множество возможных маршрутов, а алгоритм оптимизации выбирает среди них наилучший вариант в соответствии с заданным критерием.

4.3. Выводы

1) Для программной реализации разработанного метода синтеза маршрутов обучения выбрана система БиГОР, как система в наиболее полной мере реализующая адаптивную технологию разделяемых единиц контента.

2) С помощью версии системы БиГОР, реализующей разработанный метод синтеза маршрутов обучения, сформирован ряд ЭУИ, соответствующих индивидуальным запросам обучаемых.

Заключение

В работе показано, что в существующих инструментальных обучающих системах имеются развитые средства для создания интерактивных ЭУИ. Однако в них отсутствуют средства для синтеза ЭУИ по критериям семантического соответствия индивидуальным запросам пользователей.

Для индивидуализации обучения требуется создание ЭУИ на основе адаптивных технологий. Наиболее известной адаптивной технологией создания ЭУИ является *SCORM*. Однако в технологии *SCORM* отсутствуют средства реализации межмодульных отношений, что снижает ее адаптационные возможности. Этому недостатка лишена технология разделяемых единиц контента, основанная на онтологическом подходе. Для поддержки адаптационных возможностей ТРЕК необходима соответствующая АОС, реализующая онтологии предметных областей.

В качестве модели задачи синтеза маршрутов обучения в работе предложено использовать семантическую сеть в виде И-ИЛИ-графа,

содержащего концепты и учебные модули предметной области, а также смешанные отношения между ними. Задача синтеза маршрута обучения при этом сводится к описанию указанного И-ИЛИ графа в виде логической скобочной формы и ее преобразованию. Выбор оптимального маршрута сводится к выбору дизъюнкта финальной формы, соответствующего минимуму используемого критерия оптимальности маршрута.

Для программной реализации разработанного метода синтеза маршрутов обучения в работе использована инструментальная обучающая система БиГОР, как система в наиболее полной мере реализующая адаптивную технологию разделяемых единиц контента. С помощью версии системы БиГОР, реализующей разработанный метод синтеза маршрутов обучения, сформирован ряд ЭУИ, соответствующих индивидуальным запросам обучаемых.

Литература

1. Бадалов Л.М. Экономическое регулирование качества промышленной продукции. - М.: Экономика, 1969. – 234 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Система критериев качества учебного процесса для дистанционного образования». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
http://engineer.bmstu.ru/resources/science/02_01_002.htm
3. Федоров 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
4. 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>
5. Педагогика в современных информационно-образовательных средах. - <http://www.prosv-ipk.ru/Catalog/show.aspx?OID=EncElem:559808>

6. Башмаков А.И., Башмаков И.А.. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. - М.: Филинь, 2003. – 616 с.
7. Информатизация образования: направления, средства, технологии / Под ред С.И. Маслова. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. - 868 с.
8. Соловов А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. – Самара: «Новая техника», 2006. – 464 с.
9. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 352 с.
10. Норенков Ю.И., Усков В.Л. Консультационно-обучающие системы // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана, сер. Приборостроение, 1993, вып. 3.
11. Норенков И.П. Концепция модульного учебника // Информационные технологии, 1996, № 2, с. 22-24.
12. SCORM. Shareable Content Object Reference Model. 2d Edition. - Advanced Distributed Learning, 2004.
13. Система дистанционного обучения Learning Space 5.0 (Lotus/IBM). - <http://dl.nw.ru/software/LearningSpace5/>
14. Microsoft Class Server 4.0/ - <http://www.microsoft.com/Rus/Education/ClassServer/Default.msp>
15. Adobe Acrobat Connect/ - <http://www.adobe.com/products/acrobatconnect/>
16. Stellus - <http://ora.stel.ru/>
17. Competentum. МАГИСТР 2008/ - <http://www.physicon.ru/sdo/magistr-2008/>
18. Система дистанционного обучения REDCLASS. - <http://www.redcenter.ru/?sid=435>
19. Raptivity - <http://www.e-learningcenter.ru/uslugi/rapt/>
20. Система дистанционного обучения "СТ Курс". - <http://www.c-in.ru/node/6>
21. Центр eLearning - <http://www.e-learningcenter.ru/projects/campus/>

22. Редактор электронных курсов CourseLab/ -
<http://www.courselab.ru/>
23. eLearning Server - <http://learnware.ru/static.php?id=3010>
24. Прометей - <http://www.prometeus.ru/>
25. Орокс - <http://www.mocnit.miee.ru/mocnit/oroks.html>
26. Электронный учебник - современное средство обучения. -
<http://www.gmk-abakan.ru/informobr/gorodskie-seminary/elektronnyj-uchebnik-sovremennoe-sredstvo-obucheniya/>
27. Норенков И.П. Технологии разделяемых единиц контента для создания и сопровождения информационно-образовательных сред // Информационные технологии, № 8, 2003, с. 34-40.
28. Тришина С.В. Теоретические аспекты проектирования баз знаний электронного учебника // Интернет-журнал "Эйдос". - 2004. (<http://www.eidos.ru/journal/2004/0419.htm>)
29. Дорпер Г. А., Попов А. А., Рудакова Г. М., Сысенко К. В. Оптимальная группировка разделяемых единиц контента в учебные модули на базе системы БиГОР // Информационные технологии, 2008, № 8, с. 70-74.
30. Dublin Core Metadata Initiative. - <http://dublincore.org/>
31. IEEE 1484.12.1-2002. Learning Object Metadata standard. – New York: IEEE, 2002.
32. IMS Content Packaging Information Model. Version 1.1.4 Final Specification. http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp_infov1p1p4.html
33. Open Course Ware. - <http://www.ocwconsortium.org/>
34. Open Educational Resources Commons. -
<http://www.oercommons.org/>.
35. Викиучебник. - <http://ru.wikibooks.org/wiki/>
36. Российское образование. Федеральный портал - http://www.edu.ru/db/portal/sites/portal_page.htm

37. Норенков И.П., Уваров М.Ю. База и генератор образовательных ресурсов // Информационные технологии, 2005, № 9, с. 60-66.

38. Норенков И.П., Соколов Н.К. Синтез индивидуальных маршрутов обучения в онтологических обучающих системах // Информационные технологии, 2009, № 3.

Synthesis of optimal education trajectories

77-30569/324435

01, January 2012

Sokolov N.K.

Bauman Moscow State Technical University

sokolov@bmstu.ru

Theoretical part of this article was devoted to the important problem solving that is the development of methods and algorithms of creating of the adaptive environment for the development of educative resources. Application-oriented part of this article was devoted to the implementation of proposed methods and algorithms in particular teaching system. The aim of this work was the development of methods and algorithms of synthesis of optimal education trajectories along with the implementation of proposed methods and algorithms in teaching system.

Publications with keywords: [automated teaching systems](#), [technology of dividable content units](#), [optimal education trajectories](#), [electronic educative resources](#)

Publications with words: [automated teaching systems](#), [technology of dividable content units](#), [optimal education trajectories](#), [electronic educative resources](#)

Reference

1. Badalov L.M., Economic regulation of quality of industrial products, Moscow, Ekonomika, 1969, 234 p.
2. Report on research work "The System of criteria of quality of educational process for distance education", MGTU im. N.E. Bauman - BMSTU, 2002, http://engineer.bmstu.ru/resources/science/02_01_002.htm.
3. Fedorov I.B., Norenkov I.P., Criteria for the quality of distance learning and structure of electronic textbooks, http://portal.ntf.ru/BolonskProcess/NFPK-MONI/ko-ob_r_stat_sbor.doc.
4. Bavrin P.A., Methodical recommendations on complex evaluation of the quality of educational information resources, 2004, <http://humanities.edu.ru/db/msg/74844>.
5. Pedagogy in the modern information and educational environments, <http://www.prosv-ipk.ru/Catalog/show.aspx?OID=EncElem:559808>.
6. Bashmakov A.I., Bashmakov I.A., Development of computer-textbooks and learning systems, Moscow, Filin", 2003, 616 p.

7. In: S.I. Maslov (Ed.), Informatization of education: trends, tools, technologies, Moscow, Izd-vo MEI, 2004, 868 p.
8. Solovov A.V., E-learning: issues, didactics, technology, Samara, Novaia tekhnika, 2006, 464 p.
9. Norenkov I.P., Zimin A.M., Information technologies in education, Moscow, Izd-vo MGTU im. N.E.Baumana – BMSTU Press, 2004, 352 p.
10. Norenkov Iu.I., Uskov V.L., Consulting and training systems, Vestnik MGTU im. N.E.Baumana. Ser. Priborostroenie - Bulletin of BMSTU. Ser. Instrument making 3 (1993) 11-19.
11. Norenkov I.P., The concept of modular textbook, Informatsionnye tekhnologii 2 (1996) 22-24.
12. SCORM. Shareable Content Object Reference Model, Advanced Distributed Learning, 2004.
13. Distance Learning System Learning Space 5.0 (Lotus/IBM), <http://dl.nw.ru/software/LearningSpace5>.
14. Microsoft Class Server 4.0 , <http://www.microsoft.com/Rus/Education/ClassServer/Default.aspx>.
15. Adobe Acrobat Connect, <http://www.adobe.com/products/acrobatconnect>.
16. Stellus, <http://ora.stel.ru>.
17. Competentum. MAGISTR 2008, <http://www.physicon.ru/sdo/magistr-2008>.
18. Distance Learning System REDCLASS, <http://www.redcenter.ru/?sid=435>.
19. Raptivity, <http://www.e-learningcenter.ru/uslugi/rapt>.
20. Distance Learning System "CT Kurs", <http://www.c-in.ru/node/6>.
21. Center eLearning, <http://www.e-learningcenter.ru/projects/campus/>.
22. Editor of e-learning CourseLab, <http://www.courselab.ru>.
23. eLearning Server, <http://learnware.ru/static.php?id=3010>.
24. Prometei, <http://www.prometeus.ru>.
25. Oroks, <http://www.mocnit.miee.ru/mocnit/oroks.html>.
26. E-textbook - a modern learning tool, <http://www.gmk-abakan.ru/informobr/gorodskie-seminary/elektronnyj-uchebnik-sovremennoe-sredstvo-obucheniya/>.
27. Norenkov I.P., Technology of shared units of content for making and maintenance of information and educational environments, Informatsionnye tekhnologii 8 (2003) 34-40.
28. Trishina S.V., Theoretical aspects of designing of databases of the e-textbook, Internet-zhurnal "Eidos" - Online magazine "Eidos", 2004, <http://www.eidos.ru/journal/2004/0419.htm>.
29. Dorner G. A., Popov A. A., Rudakova G. M., Sysenko K. V., Optimal combination of shared units of content in training modules on the basis of the system BiGOR , Informatsionnye tekhnologii 8 (2008) 70-74.
30. Dublin Core Metadata Initiative, <http://dublincore.org>.
31. IEEE Standard 1484.12.1-2002, Learning Object Metadata standard, New York, IEEE, 2002.

32. IMS Content Packaging Information Model. Version 1.1.4 Final Specification, http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp_infov1p1p4.html.
33. Open Course Ware, <http://www.ocwconsortium.org/>.
34. Open Educational Resources Commons, <http://www.oercommons.org/>.
35. Wikibooks, <http://ru.wikibooks.org/wiki/>.
36. Russian education. Federal portal, http://www.edu.ru/db/portal/sites/portal_page.htm.
37. Norenkov I.P., Uvarov M.Iu., The base and the generator of educational resources, *Informatsionnye tekhnologii* 9 (2005) 60-66.
38. Norenkov I.P., Sokolov N.K., Synthes of individual routes of learning in ontological learning systems, *Informatsionnye tekhnologii* 3 (2009) 74-77.