

В.А. Любчак, Б.О. Кузиков, Т.В. Лаврик

## Развитие доступа к качественному образованию на примере Сумского государственного университета: формирование адаптивной системы дистанционного обучения

Статья посвящена многогранной деятельности филиала кафедры ЮНЕСКО в Сумском государственном университете по реализации инициатив и программ ЮНЕСКО в регионе. Освещены результаты научно-исследовательской деятельности филиала в решении проблемы построения адаптивных обучающих сред на базе неадаптивных. Рассмотрен метод установления взаимосвязи между предметной областью и средствами контроля знаний.

The article is devoted to the multifaceted activities of a branch of the UNESCO Chair at the SSU for the implementation of initiatives and programs of UNESCO in the region. The results of the research activities of the branch in solving the problem of constructing the adaptive learning environments based on non-adaptive ones are given. A method for establishing the relationship between a subject domain and the tools for the knowledge control is considered.

Статтю присвячено багатогранній діяльності філії кафедри ЮНЕСКО в Сумському державному університеті з реалізації ініціатив і програм ЮНЕСКО в регіоні. Висвітлено результати науково-дослідної діяльності філії у вирішенні проблеми побудови адаптивних навчальних середовищ на базі неадаптивних. Розглянуто метод встановлення взаємозв'язку між предметною областю та засобами контролю знань.

**Введение.** Сумской государственный университет (СумГУ) – образовательный, научный и культурный центр области активно поддерживает и развивает в регионе инициативы ЮНЕСКО в области образования для всех, доступа к информации для всех, естественно-научных и экологических программ [1–4].

Филиал кафедры ЮНЕСКО СумГУ «Новые информационные технологии в образовании для всех», созданный на базе кафедры информатики и лаборатории дистанционного обучения в 2006 г., объединяет сегодня специалистов нескольких *лабораторий*:

- педагогических инноваций;
- электронных средств обучения;
- систем электронного обучения;
- научно-исследовательской проблемной лаборатории интеллектуальных систем.

Деятельность представителей филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ достаточно многогранна: реализация учебных программ, проведение научных исследований, сотрудничество с органами государственной власти, реализация международных проектов.

Осуществление инициатив ЮНЕСКО в СумГУ обеспечивается благодаря научно-педагогическому потенциалу, работе научных школ. Материально-техническая база университета позволяет реализовывать образовательные программы в области, связанной с информацион-

но-компьютерными технологиями, рассчитанные на пользователей с разным уровнем подготовки и квалификации.

### Ресурсная база СумГУ

Университет имеет мощный информационный арсенал, обеспечивающий европейский стандарт информационной поддержки его научной и образовательной деятельности. Библиотечно-информационной системой СумГУ создан фонд в 2,5 млн экземпляров, которым пользуются в автоматизированном режиме обслуживания 27 тысяч человек, а также читальный зал с открытым доступом к электронным ресурсам и Интернет, виртуальный читальный зал диссертаций Российской государственной библиотеки, доступ к мировым электронным базам (научная периодика *EBSCO Publishing*; каталог стандартов «Леонорм-Информ»; Лига-Закон; научно-образовательная сеть «УРАН»; электронная библиотека «*GrebennikON*»; книги издательства «Центр учебной литературы»; информационная платформа «*HINARI*»).

Система доступа к ресурсам библиотеки возможна благодаря использованию современных информационных технологий. Студентам предоставляется доступ к электронным версиям учебных ресурсов на автоматизированных рабочих местах в библиотечных залах, компьютерных классах, в зонах беспроводной связи *wi-fi* на территории университета.

Ресурсный центр *Microsoft*, действующий на базе филиала кафедры ЮНЕСКО, предоставляет студентам и преподавателям университета доступ к программному обеспечению *Microsoft MSDN AA* – операционные системы, средства разработки, учебные и информационные материалы для учебного процесса. Широко внедряется в университете электронная почтовая система для всех студентов по технологиям *Microsoft Live@EDU*.

Приоритетное направление научно-исследовательской деятельности специалистов филиала кафедры – поддержка и постоянное развитие интегрированной информационной системы СумГУ, включающей веб-систему, информационно-аналитическую систему «Университет», поддерживающую управление учебной, научной и административной деятельностью, систему электронного документооборота, систему тестирования для поддержки контроля знаний абитуриентов и студентов, информационную систему «*e-learning*» для поддержки процесса обучения, организации работы преподавателей и студентов.

Специалисты филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ сотрудничают с представителями местных и областных властей по вопросам образовательных программ, программ использования информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности государственных служащих. Учитывая основные направления реализации Программы ЮНЕСКО «Информация для всех» и особенности развития в регионе информационного общества, при поддержке специалистов филиала кафедры разработана и утверждена Региональная программа информатизации на 2010–2012 гг. Программа направлена на внедрение элементов электронной информационной системы «Электронное правительство» и решение задач перехода к новому этапу развития – информационному обществу. Как отмечается в Программе, одной из важных задач региона является переоснащение компьютерного парка, развитие соответствующей программно-технической базы, а также проведение ряда мероприятий, направленных на повышение общего уровня информационно-ком-

пьютерной грамотности некоторых звеньев управленческого аппарата. В реализации Региональной программы информатизации специалисты филиала кафедры выступают консультантами и экспертами.

Международная научная деятельность – неотъемлемая составляющая деятельности филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ. В 2007–2008 гг. специалисты филиала кафедры приняли активное участие в реализации международной программы *TEMPUS* «Практикум усовершенствования украинской системы *e-learning*» и провели в вузах Украины семинары для преподавателей по системе *e-learning*. В рамках международной программы *TEMPUS* «Сеть образовательных центров по современным технологиям управления», реализовываемой на протяжении 2009–2010 гг., в СумГУ создан региональный центр переподготовки государственных служащих органов местного самоуправления по современным информационным технологиям. Специалистами филиала кафедры разработана и апробирована соответствующая учебная программа.

В рамках международного сотрудничества со Словенией создан универсальный виртуальный лабораторный стенд, который может быть использован при выполнении научных исследований и лабораторных работ.

Информационные и коммуникационные технологии в настоящее время находят широкое применение в высшей школе, в том числе и в практике СумГУ по разработке учебных курсов и проведению учебных занятий, организации общения студентов с преподавателями, для создания и представления презентаций, результатов научных исследований. Следуя мировым тенденциям и документам ЮНЕСКО [1–3], в университете реализуются программы подготовки преподавателей к использованию в профессиональной деятельности информационно-коммуникационных технологий, программы для преподавателей по разработке электронных средств обучения и дистанционных курсов.

Специалисты филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ, принимая во внимание основные приоритеты развития украинского сегмента Про-

граммы ЮНЕСКО «Информация для всех», проводят учебно-методическую и научную работу в области дистанционного обучения в высшей школе, в последипломном образовании.

Система дистанционного обучения СумГУ внедрена с 2001 г. Сегодня уже накоплен значительный опыт по реализации программы дистанционного обучения, представленный в монографии коллектива филиала кафедры ЮНЕСКО [5]. Университет участвует в экспериментальной программе Министерства образования и науки Украины. В реализации технологий дистанционного обучения программно-техническую поддержку оказывают средства *online*-студии Регионального центра дистанционного обучения, позволяющие проводить *online*-консультации и занятия для студентов дистанционной и заочной форм обучения, осуществлять двустороннюю аудио- и видеосвязь преподавателя и студентов.

Одной из существенных составляющих программы есть разработка дистанционных учебных курсов и электронных средств обучения, которые находят применение не только в дистанционной форме, но и в очной, и заочной формах обучения. Они включают электронные конспекты лекций, презентации, видеолекции, тесты, виртуальные лабораторные работы, электронные тренажеры.

Параллельно с реализацией стандартной схемы разработки дистанционных курсов сотрудники филиала кафедры ЮНЕСКО университета проводят научно-исследовательскую работу, связанную с разработкой модели дистанционного курса. С учетом накопленного опыта работы системы дистанционного обучения СумГУ на базе лаборатории систем электронного обучения проводится исследование в области разработки адаптивных систем управления дистанционным обучением. Остановимся на этом более подробно.

Исследованию вопросов синтеза адаптивных учебных сред посвящен широкий круг как отечественных, так и зарубежных исследований [5–14]. При этом проблема остается актуальной. Одно из направлений исследований – создание адаптированных систем дистанцион-

ного обучения (СДО) на базе неадаптивных, поскольку, несмотря на преимущества адаптивных СДО, они менее распространены в сравнении с неадаптивными. При этом, принимая во внимание важность учета междисциплинарных связей, СДО понимается как набор инструментальных средств, ориентированных на предоставление образовательных услуг по ряду дисциплин и ориентированных на массовое использование широкой по спектру своих личностных качеств группой пользователей.

Построение адаптивной СДО на базе существующей неадаптивной системы требует решения ряда проблем, среди которых выделим такие:

- определение структуры модели медийного пространства;
- разработка метода построения модели предметной области на базе медийного пространства (конспектов лекционных материалов) существующей системы;
- определение метода установления отношений между средствами контроля знаний и предметной областью.

#### **Модель контента**

В последнее время разработано большое количество электронных учебных материалов. При этом следует различать использование в качестве элементарных блоков материалов объектов, позволяющих ссылаться на свои внутренние элементы и построенных по принципу «черного ящика». Пример объектов первого типа – гипертекстовые страницы, которые можно связывать при помощи ссылок, пример объектов второго типа – любые SCORM-объекты. Оба подхода имеют достоинства и недостатки. Так разветвленная система гиперссылок значительно усложняет повторное использование материала. С другой стороны, построение курса из отдельных «закрытых» фрагментов не позволяет составить гибкую связь между ними – объекты не подозревают о существовании «соседей». Понимание учебного объекта как независимого и неделимого сводит возможности навигации к ссылкам на предыдущий/следующий элемент.

Альтернативным подходом, используемым в системах, реализующих различные механиз-

мы из области адаптивной навигации, является использование «умных» ссылок. В качестве примеров такого подхода можно привести сокрытие ссылок или применение к ним метафоры светофора. Сюда же можно отнести и динамическое построение ссылок, когда указывается не сам объект, а только критерии его поиска. Система выполняет отбор наиболее релевантного элемента по заданным критериям с учетом особенностей пользователя и его уровня знаний. Такие критерии обязательно должны быть разработаны экспертом, потому как эффективность поиска информации тем выше, чем точнее сформулирован поисковый запрос. Слабоструктурированная информация часто остается неприменимой для целей обучения потому, что ученик требует помощи в построении ментальной модели области знаний, прежде чем сможет конструировать достаточно точные поисковые запросы [7].

Основываясь на том, что учебные материалы неадаптивной СДО представлены в виде набора связанных гипертекстовых страниц, содержащих конспекты лекций, целесообразно сохранить такой формат представления контента. Таким образом, конспект лекционных материалов курса  $c_i$  представляет собой множество связанных документов  $P_{c_i} = \{p_1 \dots p_n\}$ . Каждый документ  $p_i$  разбивается на один или несколько фрагментов  $P_i = \{f_1 \dots f_n\}$ . Доступ к фрагментам учебного материала осуществляется через ссылки на соответствующие заголовки, полностью сохраняя структуру исходного электронного учебника, что позволяет применять его материал в других приложениях.

### Модель предметной области

Содержит описание предметной области на самом высоком – концептуальном – уровне, т.е. в виде концептов, имеющих уникальное имя, и связей между ними. Концепт – абстрактный объект, используемый для представления единиц информации предметной области. Концепты делятся на атомарные (концепты нижнего уровня) и составные (концепты верхнего уровня). Атомарные концепты отвечают одному фрагменту информации. Концепты верхне-

го уровня состоят из других (составных или атомарных) концептов [8, 9].

Атрибуты атомарных концептов принадлежат к внутрикомпонентному уровню, поэтому адаптация на этом уровне практически невозможна. В отличие от атомарных, составные концепты содержат, по крайней мере, два публичных атрибута: список наследников и функцию конструктора – способ объединения наследников в единое целое (рис. 1).

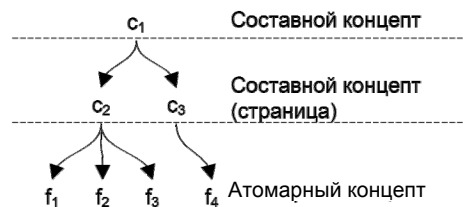


Рис. 1. Пример иерархии концептов

Отношение между двумя или более концептами называют межконцептным. Например, часто встречаются такие бинарные межконцептные отношения как «быть частью» (*part-of*), «быть связным с» (*link*), «предшествовать» (*prerequisite*), «быть нежелательным» (*inhibitor*) (рис. 2). Несомненно, этот список можно продолжить.

Межконцептные отношения могут иметь атрибуты, например, оценку вероятности того, что отношение достоверно, если отношения между концептами строились автоматически.

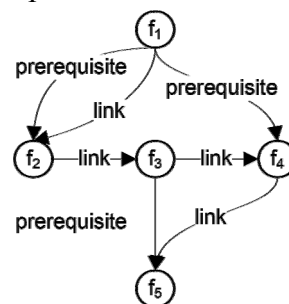


Рис. 2. Пример межконцептных отношений

По уровню сложности структуры концептов и связей между ними выделяют три типа моделей предметной области [10]:

- модель первого уровня представляет собой множество независимых концептов;
- модель второго уровня (сетевая модель) предусматривает наличие как концептов, так и связей между ними. На этом уровне может предусматриваться типизация концептов;

- модель третьего уровня (фреймовая модель) предусматривает сложную внутреннюю структуру концептов, например, в виде списка атрибутов. При этом структура концептов разного типа может различаться.

Адаптивные обучающие среды можно разделить на три группы по принципу, используемому для связывания концептов предметной области и объектов пространства контента [10]:

- индексация страниц концептами, относящимися к контенту страницы. При этом связи между концептами могут не устанавливаться;

- разбиение страниц на фрагменты и индексация отдельных фрагментов. При этом при достаточно дробном разбиении каждый фрагмент может быть проиндексирован ровно одним концептом;

- непосредственная связь между пространством контента и предметной областью: каждой странице соответствует концепт, каждой ссылке – межконцептное отношение. Отметим, что этот подход, в отличие от двух предыдущих, требует модель предметной области второго или третьего уровня.

В контексте построения адаптивной СДО на базе неадаптивной СДО СумГУ отметим, что существующая система имеет значительный объем лекционных материалов. Анализируя приведенные уровни моделей, способы связывания модели предметной области и пространства контента очевидно, что в указанной системе не сформирована модель предметной области учебных материалов. Глоссарий (как реализация модели предметной области первого уровня) присутствует только в отдельных курсах. Поэтому для построения модели предметной области и связывания ее с соответствующими лекционными материалами используем индексацию текста лекций терминами. Подобная индексация, называемая семантической, как правило, выполняется в ручном режиме авторами курсов. При этом страница связывается с одним или более понятием. Семантическая индексация страниц может быть однопонятийной, когда одна страница касается одного и только одного понятия, и многопонятийной, когда страница может быть соотнесена с несколькими понятиями. Тип семантической индексации во

многом определяет возможность применения различных адаптивных технологий в системе.

Организация гиперпространства с помощью однопонятийной индексации порождает строгие требования к предметной области – наличие связей между понятиями обязательно. Кроме наличия межконцептных связей, другим ограничением однопонятийной индексации есть сложность применения такого подхода к существующим гипермедийным ресурсам. Многопонятийная индексация дает больше возможностей для применения различных адаптивных технологий, но вместе с тем, требует более глубокой проработки модели предметной области.

Так как материал большинства лекций имеет значительный объем, для более оперативной его обработки рациональнее применить второй подход – провести фрагментацию контента и индексацию фрагментов концептами. При этом априорно считается, что каждый из фрагментов может быть проиндексирован более чем одним концептом. Для оценки количества понятий, необходимых для индексации страницы, можно использовать формулу Барабаши [11]:

$$N_k = 0,35 + 2,061 \text{ Lg}(N),$$

где  $N_k$  – количество ключевых слов,  $N$  – количество слов текста. Возможность применения математического аппарата безмасштабных сетей для анализа электронных учебных ресурсов рассмотрена в [12].

При индексации фрагментов учебного материала понятиями используются следующие утверждения:

- атомарными концептами являются термины, составные концепты не используются;

- множество всех терминов и терминов курса являются конечными множествами;

- термины разделяются на общенаучные, научно-научные и такие, значение которых в рамках курса отличается от общенаучного. Определение типа понятия, исходя из контекста, возможно только экспертом;

- выделение взаимосвязи между понятиями на основании анализа текста – сложная задача. Предполагая, что текст логически упорядочен, считается, что при первом упоминании термина он вводится в рассмотрение, последующие

его упоминания требуют от пользователя знаний о термине.

• частота использования понятий, на которых базируется фрагмент учебного материала, отличается от частоты использования этих понятий в других текстах.

Таким образом, между контентом и предметной областью курса  $c_i$  устанавливаются следующие связи: каждому из фрагментов учебного материала соответствует множество пар  $F_i = \{ \langle t_{\varphi}, s_{\lambda} \rangle, \dots, \langle t_{\zeta}, s_{\pi} \rangle \}$ , где  $t_{\varphi}, t_{\zeta} \in T_{c_i}$ ,  $s_{\lambda}, s_{\pi} \in S$ .  $T_{c_i} \subset T_3 \cup T_{c_i} \cup T_{o_i}$  – множество допустимых понятий,  $T_3$  – множество общенаучных понятий,  $T_{c_i}$  – множество понятий, свойственных только предметной области курса  $c_i$ ,  $T_{o_i} \subset T_3 \cap T_{c_i}$  – множество понятий, имеющих специальное значение в рамках курса.  $S$  – множество функциональных состояний понятия по отношению к тексту – понятие является базовым при изучении фрагмента или вводится в нем.

Считая множество  $T_3$  известным, а множества  $T_{o_i}$  и  $T_{c_i}$  – заданными экспертом, задача построения системы связей между фрагментами учебного материала сводится к задаче вычисления меры  $TF-IDF$  на заданном корпусе текстов с известным множеством анализируемых лексем [13]. Для решения этой задачи создан отдельный синтаксический анализатор, входными данными для которого являются страница лекции  $p_j$ , множества  $T_{o_i}$  и  $T_{c_i}$ . Результатом анализа есть множество кортежей  $\{ \langle f_1 \{ t_i, \dots, t_j \} \rangle, \dots, \langle f_n \{ t_k, \dots, t_m \} \rangle \}$ . При дальнейшей обработке, если  $t_r \notin T_{c_i}^*$ , где  $T_{c_i}^*$  – множество терминов, которые уже встречались в курсе, то понятие помечается как результирующее для соответствующего фрагмента текста и добавляется к множеству  $T_{c_i}^*$ . В противном случае понятие помечается как базовое для анализируемого фрагмента.

#### **Метод связывания контента и вопросов тестового контроля знаний**

Определение функционального состояния пользователя и уровня его знаний при работе с системой дистанционного обучения в большин-

стве случаев затруднено. Это обусловлено тем, что в рамках веб-технологий трудно определить границы сеанса работы пользователя с СДО, а за пределами системы он мог получить ряд знаний, в том числе и ошибочных. С наибольшей вероятностью функциональное состояние пользователя и уровень его знаний можно установить непосредственно после сеанса контроля знаний. Под контролем знаний подразумевается тестирование, хотя рассмотренные принципы могут быть расширены и на другие формы контроля знаний – письменные отчеты, тренажеры и т.д.

Для построения адаптивного управления на основе контроля знаний необходимо знать, как связаны вопросы сеанса тестирования с материалом, изученным пользователем.

Вопросы тестового контроля, аналогично лекционным материалам, на семантическом уровне – это отражение знаний эксперта о предметной области. Итак, модель предметной области курса описывается множеством понятий, подлежащих изучению. Поэтому, чтобы связать вопросы тестирования и лекционный материал, целесообразно провести аналогичную индексацию вопросов понятиями. При этом  $Q \subset T_{c_i}$ , где  $Q = Q_1 \cup \dots \cup Q_n$  – множество понятий, связанных с вопросами  $1 \dots n$  тестового контроля. В случае  $Q \setminus T_{c_i} \neq \emptyset$  – вопросы тестового контроля отражают большее количество понятий, чем заложено в лекционном материале,  $T_{c_i} \setminus Q \neq \emptyset$  – состояние изученности некоторых понятий не контролируется. Идеальным случаем является соотношение  $Q = T_{c_i}$ , что дает возможность полностью контролировать изученность всех понятий курса. Очевидно, что модель знаний пользователя должна базироваться на множестве  $G = Q \cap T_{c_i}$  – множество понятий, которые были описаны в лекции и изучение которых контролируется. Множество  $G$  назовем множеством целевых понятий курса.

Чтобы установить соответствие между контентом и вопросами тестового контроля знаний используется матрица связности элементов учебного материала  $M = \| f_{i,j} \|$ , где  $f_{i,j} =$

$$= \frac{|Q_i \cap F'_{j_{prl}}|}{|F'_j|}, Q_i - \text{множество понятий, на ко-}$$

торые опирается вопрос  $q_i$  тестового контроля,  $F'_{j_{prl}}$  – множество результирующих понятий для фрагмента  $f_j$ . Тогда весовой вектор фрагментов учебного материала, необходимых для повторного изучения после  $k$ -го сеанса тестирования можно определить как:

$$V_k = M \times \frac{aG' \times Q - C \times R_k}{a} - M \times \frac{C \times R_k - bG' \times Q}{b},$$

где  $C$  – вектор сложности тестовых вопросов,  $R_k$  – вектор результатов тестирования,  $g_i \in G'$  – вероятность того, что понятие  $t_i \in G$  изучено в достаточной мере. Значимость предварительной оценки состояния изученности понятия корректируется коэффициентами  $a, b \in [0..1]$ . Матрица  $M$  аналогична матрице связанности, но вместо множества результирующих понятий  $F'_{j_{prl}}$  используется  $F''_{j_{prl}}$  – множество базовых понятий.

**Заключение.** Итак, деятельность представителей филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ охватывает широкий круг вопросов, связанных с реализацией инициатив ЮНЕСКО в Сумском регионе. Активная реализация инициатив и программ ЮНЕСКО обеспечивается благодаря научно-педагогическому, информационному и материально-техническому потенциалу СумГУ. Участие в международных программах и проектах позволяет специалистам филиала кафедры обмениваться научными знаниями и опытом использования информационно-компьютерных технологий в учебном процессе, в проведении научных исследований, расширять направленность учебных программ и таким образом привлекать новые категории пользователей. Учитывая приоритеты развития украинского сегмента Программы «Информация для всех», специалисты филиала кафедры ЮНЕСКО СумГУ реализуют идею массового непрерывного обучения в области современных информационных технологий на региональном уровне путем организации и проведения различных учебных программ для педагогов, учащихся и студентов, государственных служащих.

В рамках научно-исследовательской деятельности специалистами филиала кафедры с учетом накопленного опыта работы системы дистанционного обучения СумГУ предложен метод построения модели предметной области, связывания сеансов тестового контроля знаний и элементов учебного контента. Предложенный подход позволяет построить систему, реализующую адаптированное к уровню знаний учащегося (студента) управление СДО.

Описанные пути модификации реализуют многолетний опыт использования системы дистанционного обучения. Задачами дальнейшого развития предложенного подхода к приданию СДО свойств адаптивности является разработка методов оценки функционального состояния пользователя, предметной области, пространства контента и реализация адаптивного управления учебным процессом путем организации обратной связи с учетом результатов контроля знаний пользователя.

1. *Программа ЮНЕСКО «Информация для всех».* – <http://www.ifap.ru/ofdocs/unesco/programr.pdf>
2. *Стратегический план Программы ЮНЕСКО «Информация для всех» на 2008–2013 гг.* – <http://www.ifap.ru/ofdocs/unesco/sp813.pdf>
3. *Образование для всех: выполнение наших общих обязательств.* Текст, принятый Всемирным форумом по образованию. – Дакар, Париж 2000. – 29 с. – <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001202/120240r.pdf>
4. *Рекомендации о развитии и использовании многоязычия и всеобщем доступе к киберпространству.* – <http://www.ifap.ru/ofdocs/unesco/multcybr.htm>
5. *Дистанційне навчання: досвід впровадження в українському університеті / В.О. Любчак, О.В. Купенко, Т.В. Лаврик та ін.* – Суми: СумДУ, 2009. – 160 с.
6. *Гриценко В.И., Довбиш А.С., Любчак В.А.* Информационный синтез адаптивной мультиагентной системы управления дистанционным обучением // УСиМ. – 2006. – № 6. – С. 4–9.
7. *Касьянов В.Н., Касьянова Е.В.* Дистанционное обучение: методы и средства адаптивной гипермедиа // Программные средства и математические основы информатики. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 2004. – 278. – С. 80–141.
8. *De Bra P., Houben G.J., Wu H.* AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia // Proc. of ACM Hypertext'99. – Darmstadt, 1999. – P. 147–156.
9. *Wu H., De Bra P., Aerts A., Houben G.J.* Adaptation Control in Adaptive Hypermedia Systems // Proc. of the Intern. Conf. on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Trento, Italy, August 2000. – Springer Verlag. – 1892. – P. 250–259.
10. *Brusilovsky P.* Adaptive hypermedia, an attempt to analyze and generalize. // Lect.otes. Comput. Sci. – 1996. – 1077. – P. 288–304.
11. *Barabasi Albert-Laszlo, Reka Albert.* Emergence of scaling in random networks // Science. 1999 Oct. 15. – 286. – P. 509–512.
12. *Гаврилов Н.А.* Некоторые аспекты анализа эффективности формирования дистанционных образовательных ресурсов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2010. – № 2. – С. 15–22.
13. *Salton G.* Theory of Indexing, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, 1975. – 56 p.
14. *Kuzikov B.O.* Creation connectivity matrix of E-content elements for distance learning // Nauka i studia. – 2009. – № 6 (18). – P. 62–66.

© В.А. Любчак, Б.О. Кузиков, Т.В. Лаврик, 2011