

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ С АКТИВНЫМ КОНТРОЛЕМ ПРИОБРЕТАЕМЫХ ЗНАНИЙ

It is proposed learning content model with continuous control of learning knowledge. The learning content divided into sense pages with learning objects. Learning objects and sense pages have different weights, which take into knowledge control with programming interface. By them control learning knowledge in ELS is developed by standard testing and permanently by analysis of student work with learning materials on base of programming interactivity of multimedia user interface. That learning content model provides active learning knowledge and conception of virtual tutor.

Введение. В работе предлагается структура электронной обучающей системы (ЭОС), основанная на концепции объектной модели SCORM, в которой весь учебный материал линя, кроме традиционной разбивки на темы, которые в свою очередь могут иметь несколько уровней вложенности разбивок на подтемы, разбивается далее на смысловые страницы и учебные объекты. При этом контроль знаний в ЭОС осуществляется как посредством традиционных тестовых заданий, функционально привязанных к разноуровневым темам и объектам, так и непрерывно на основе анализа действий обучаемого при прохождении им учебного материала с использованием программируемой интерактивности.

Основная часть. В объектной модели SCORM [1] учебный контент состоит из исходных активов в виде разного рода учебных объектов (текст, изображения, звук, анимация, видео), которые при помощи метаданных на основе языка XML объединяются затем в различные множества компоновок: учебные курсы, учебники, учебные фильмы [2]. В связи с предлагаемой структурой ЭОС мы уточняем понятие смысловой страницы и учебного объекта [3]. Под *учебным объектом* мы понимаем минимальную неделимую единицу учебного материала, которая передает содержащееся в ней знание и связана с другими учебными объектами, тестовыми заданиями и потенциально с реакциями виртуального преподавателя. *Смысловая страница* – это блок учебного материала, состоящий из учебных объектов, образующий законченный по смысловому содержанию учебный модуль, который требует усвоения и занимает в ЭОС один экран.

Предлагаемая иерархическая структура организации учебной информации может быть представлена в виде раскрашенного направленного графа. На рисунке вершины графа обозначают следующие элементы: Д – учебная дисциплина, Т – тема, С – смысловая страница, О – учебный объект, ТЗ – тестовое задание. В предлагаемой структуре организации учебного контента выделены три уровня вложенности учебного материала, первый из которых является традиционным (тема – учебная дисциплина), а два других (учебный объект – смысловая

страница – тема) используются для организации активного и непрерывного контроля знаний, реализующего функции виртуального преподавателя. При этом все вершины графа, вообще говоря, неравнозначны, что определяется присвоением каждой вершине специальной характеристики – веса.

Для третьего уровня вложенности – уровня объектов – на приведенном графике частично показаны тестовые задания ТЗ₁–ТЗ₄ разных типов, которые связываются с вершинами графа на объектном и на более высоких уровнях. При этом контроль знаний в ЭОС на уровне объектов показывает знание обучаемым исходного учебного материала, вложенного в объекты, в то время как контроль со связями на более высоких уровнях определяет способность студента логически связывать учебные объекты и понимать закономерности их взаимодействия.

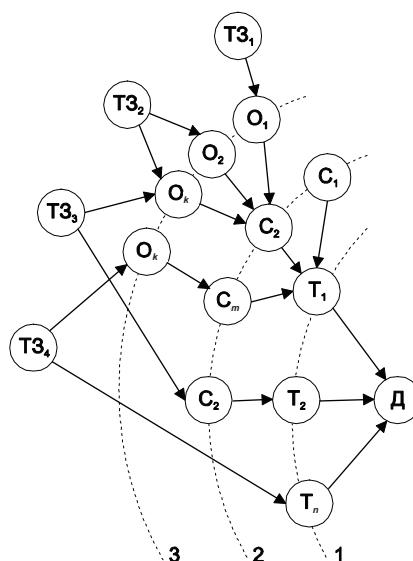


Рисунок. Схема построения контроля знаний в ЭОС с активным контролем знаний

В связи с предложенной выше схемой организации учебного материала возникает потребность в соответствующей методике формирования вопросов для контроля. В зависимости от того, какую область учебного материала контролируют тестовые задания, их можно ранжировать по следующим уровням:

- *объектные* (для учебного объекта);
- *страничные* (для смысловой страницы);
- *тематические* (для темы дисциплины);
- *дисциплинарные* (для дисциплины в целом).

В данной структуре разделения учебного материала появляется возможность проведения точечного перманентного контроля знаний по различным учебным блокам курса, начиная с их минимальных представителей – учебных объектов. При этом учитывается наличие связей между учебными объектами и их весами на смысловой странице, между смысловыми страницами и их весами в теме и, наконец, между темами и их весами в изучаемой дисциплине. В такой структуре ЭОС в полной мере возможна реализация концепции *виртуального преподавателя* с адекватной реакцией на выполняемые обучаемым действия на основе соответствующего экранного интерфейса, что в целом обеспечивает *активный контроль знаний*.

Для случая, когда для одного учебного объекта O_k задается только одно тестовое задание ТЗ *объектного уровня*, легко вычислить *объектный коэффициент знаний* с учетом разных весов учебных объектов на смысловой странице. *Вес* учебного объекта, смысловой страницы, темы – это степень важности выбранного учебного объекта, смысловой страницы, темы по отношению к объемлющему блоку и задается экспертами (авторами учебного курса). При этом сумма всех весов каждого уровня внутри каждого учебного блока должна быть равна 1, что соответствует полному знанию о содержащемся в данном блоке учебном материале.

Исходя из вышесказанного, формула расчета объектного коэффициента уровня знаний в целом по дисциплине имеет следующий вид:

$$KD = \frac{1}{nmr} \sum_{i=1}^n w_i \left(\sum_{j=1}^m v_j \left(\sum_{k=1}^l \mu_k KO_k \right) \right),$$

где n, m, r – количество предлагаемых тестовых заданий соответственно на дисциплинарном, тематическом и страничном уровнях.

Коэффициент знания объекта $KO_k = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$,

где 1 – правильный ответ, 0 – неправильный ответ.

При этом, например, суммарный коэффициент знания смысловой страницы вычисляется по формуле

$$KC_j = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \mu_k KO_k.$$

По аналогичным выражениям рассчитаны и включены в первую общую формулу суммарные коэффициенты знания темы и всей дисциплины.

Для весов объекта, страницы и темы должно выполняться следующее равенство:

$$\sum_{k=1}^r \mu_k = \sum_{j=1}^m v_j = \sum_{i=1}^n w_i = 1,$$

где μ_k, v_j, w_i – соответственно вес учебного объекта, смысловой страницы, темы.

В случае, если для одного объекта предусмотрено несколько тестовых заданий с разным весом, суммарный коэффициент знания объекта должен рассчитываться по формуле

$$KO_k = \frac{1}{u} \sum_{l=1}^u \alpha_l q_l^k,$$

где u – количество тестовых заданий к учебному объекту; α_l – вес тестового задания, при этом сумма весов всех заданий должна быть равна 1 ($q_l = 1$ за правильный ответ или $q_l = 0$ за неправильный ответ).

Таким образом, общая оценка КД определяется уровнем тестового задания, весом учебного объекта в ЭОС и весом тестового задания. КД является накопительным коэффициентом, при этом его значение, равное 1, соответствует уровню знаний автора данного учебного курса. Обучаемому, который практически не сможет правильно выполнить все тестовые задания по дисциплине, например, для получения отличной оценки необходимо получить коэффициент КД, равный 0,9–1,0, или другой, соответствующий оценке «отлично» по общей шкале оценок, принятой в данном учебном учреждении.

Из предложенной схемы расчета контроля знаний в ЭОС вытекает естественное разделение способов расчета оценки знаний при подсчете уровня знаний по учебным объектам, согласно приведенным выше формулам, которую назовем *объектной*, и при подсчете уровня знаний при выполнении тестовых заданий с учетом объектов более высокого уровня – страничного, тематического, дисциплинарного, которую назовем *рейтинговой*, поскольку она характеризует знания обучаемого о логических связях и взаимодействиях объектов учебного материала.

Активный контроль знаний или интерактивная помощь, инициируемая системой, реализованы программным образом и основываются на следующих принципах. Если пользователь достаточно долгое время «не сходит» с текущей страницы, то система предлагает ему ответить на ряд вопросов, связанных с текущей страницей, на основании ответов на которые система определяет «пробелы» в знаниях. Если пользователь не знает ответа на вопрос, выдается страница, где помещен ответ на данный вопрос. Каждый вопрос идентифицируется в программном коде с именем вопроса и именем ответа, при этом ответ рассматривается как имя закладки на странице, где содержится текст ответа. По

этим именам можно определить настоящий текст вопроса и ответа с помощью кодировочной матрицы.

Система контроля знаний ЭОС отслеживает ситуацию, в которой пользователь просматривает снова ранее пройденную страницу, причем тратит на ее просмотр достаточно много времени. В этом случае система предлагает помочь в форме блиц-опросника. При подтверждении пользователю предоставляется соответствующее окно помощи.

Выделим следующие группы задач виртуального преподавателя:

А. Отслеживание процесса обучения.

Б. Оказание помощи обучаемому.

В. Контроль знаний и выявление недоработок учащегося.

Отслеживание процесса обучения связано с выявлением следующих ситуаций:

А1. Учащийся бессистемно перемещается по учебнику.

А2. Учащийся возвращается к ранее пройденным фрагментам учебника.

А3. Учащийся «остановился» на некотором вопросе.

Ситуация А1 бессистемного просмотра учебника требует «напоминания» учащемуся о его обязанностях. Ситуация А2 возврата на ранее пройденные разделы требует, возможно, оказания помощи. Аналогичным образом, ситуация А3, когда учащийся «тормозит» на некотором вопросе, требует выявления варианта помощи в конкретном случае.

Для выявления указанных ситуаций система ведет «историю» процесса изучения учащимся учебного материала. История представляет последовательность номеров страниц, просматриваемых в ходе обучения учащимся, числа их посещений и времени, затраченном на просмотр страниц.

Таким образом, ситуация А1 сводится к следующей статистической задаче. Имеется последовательность номеров страниц. Требуется проверить гипотезу о случайном характере этой последовательности. Для решения этой задачи может быть использован статистический критерий серий [4], суть которого состоит в следующем. В последовательности S будем отмечать знаком «+» наблюдение, с которого, как предполагается, либо начинается новая серия, либо продолжается старая серия. В противном случае ставим знак «-». Пусть, для примера, учащийся просмотрел следующие страницы: 2, 3, 4, 7, 11, 12, 15, 2, 4, 8. Этой последовательности сопоставляется следующая последовательность знаков: «+, +, +, -, +, +, -, +, -, +». Здесь первые три знака «+» определяют серию последовательно просматриваемых страниц (2, 3, 4). Затем серия обрывается (7). Следующее число 11, судя по всему, открывает

новую серию (11, 12). Число 15 обрывает серию, а 2, как видно, открывает новую серию и т. д. Согласно критерию серий, подсчитываем число появлений знака «+» и «-» (соответственно n_+ , n_-). Вычисляем число серий (повторяющихся последовательностей из «+» и «-») — $R = 7$. Далее рассчитываем число z :

$$z = \frac{R - \left(1 + \frac{2n_+ n_-}{n_+ + n_-}\right)}{\sqrt{\frac{2n_+ n_- (2n_+ n_- - n_+ - n_-)}{(n_+ + n_-)^2 (n_+ + n_- - 1)}}}.$$

Число z считается нормально распределенной нормированной случайной величиной, что легко проверить, например, с помощью критерия Стьюдента.

Ситуация Б проверяется просто выделением повторяющихся подпоследовательностей.

Для проверки ситуации В необходимо выяснить, что время, проводимое учащимся за чтением данной страницы, значимо отличается от среднестатистического времени, затрачиваемого на изучение предыдущих страниц. Пусть последовательность времен, затраченных на чтение страницы учебника, составило T_1, T_2, \dots, T_m . Обозначим через T_{\max} — максимальное среди этих значений и через T_{\min} — минимальное. Рассмотрим случайную величину

$$V = \frac{T_{\max} - \bar{T}}{\sqrt{\frac{m-1}{m}} \Delta T},$$

где $\bar{T} = \frac{1}{m} \sum T_i$ и $\Delta T = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_1^m (T_i - \bar{T})^2}$.

Рассчитанное значение V нужно сравнить с табличным значением максимально возможного отклонения нормально распределенной нормированной случайной величины, задавшись значением m и вероятностью ошибки, например, 0,05 [5].

Оказание помощи реализуется путем выполнения вопросника, ассоциированного с изучаемым материалом. Вопросник представляет собой набор вопросов с указанием вариантов ответов. Материал вопросника связан с семантической структурой учебного пособия, которая представляет собой семантическую сеть понятий, ассоциированных по принципу «родитель — потомок». Например, понятие электрохимического потенциала является родительским по отношению к понятию гальванического элемента и т. д. В результате проведения опроса устанавливается набор понятий, которые учащийся знает недостаточно хорошо. Учащемуся рекомендуется обратиться к темам, связанным с этими понятиями.

Контроль знаний и выявление недоработок реализуется как в форме текущего опроса

знаний, так и в форме тестов на усвоение материала. Текущий опрос напоминает опрос с места учащегося, что позволяет преподавателю оценить готовность учащегося к дальнейшему «продвижению» по учебному материалу. Текущий опрос в ЭОС представляет собой элемент программного интерфейса в виде интерактивного «опросника» для оказания помощи студенту и текущего контроля его знаний. При этом такой «опросник» контекстно зависит и запускается при переходе к каждому новому параграфу или разделу с соответствующим содержанием.

Тестирование знаний выполняется в форме глобального теста по теме (разделу) после прохождения учебного материала и требуется для выставления общей оценки по изучаемому предмету. Данная информация помещается в централизованную базу на сервере и оценивает степень усвоения предмета учащимся.

Предложенная система активного контроля знаний в ЭОС программно реализуется на языках Java, XML и базируется на платформе PHP/MySQL. Алгоритм программы разделен на область пользователя (студента) и область администратора (преподавателя). Администратор загружает контент в базу данных MySQL последовательно учебными объектами, задавая для каждого объекта стиль и вес. Контроль знаний в программной реализации заключается в том, что в базе данных ЭОС к учебным объектам добавляются соответствующие тестовые задания, вес тестовых заданий и уровень тестовых заданий, которые затем участвуют в расчетах коэффициентов знаний на разных уровнях в структуре ЭОС.

Структуру всего приложения в целом содержит навигационный файл nav.xml. Каждый созданный текстовый документ сохраняется как html-документ и описывается в элементе <item> ... </item> данного навигационного

файла. Для каждого html-документа затем строится файл ассоциированных понятий. Этот файл содержит основные понятия, их обозначения и соотношения между ними. Файл ассоциированных понятий, вообще говоря, должен давать раскрытие каждого понятия, а также содержать ссылки на связанные понятиями темы. При этом для каждого из выбираемых понятий создается собственный html-документ.

Заключение. Таким образом, предложенная структура организации учебного материала в ЭОС обеспечивает *активный контроль знаний*, при котором реализуются направленные адекватные реакции виртуального преподавателя и проводится непрерывное контекстно зависимое тестирование по предъявляемому учебному материалу.

Литература

1. Официальный сайт ADL. SCORM® 2004. 3rd Edition (Content Aggregation Model). Version 1.0. November 16, 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.adlnet.gov. – Дата доступа: 12.02.2008.
2. Making Sense of Learning Specifications & Standards. A Decision Maker's Guide to their Adoption. 2nd Edition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.masie.com/standards/S3. – Дата доступа: 12.02.2008.
3. Гурин, Н. И. Активный контроль знаний в электронной обучающей системе / Н. И. Гурин, Т. В. Мицкевич // Технологии электронного обучения в современном ВУЗе: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–15 мая 2008 г. – Минск, 2008. – С. 129–130.
4. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
5. Герман, О. В. Теория информационных процессов и систем / О. В. Герман, Н. Н. Дорожкина. – Минск: БГТУ, 2007. – 222 с.