

**Т. В. ГОРБАЧ**, аспирант ХНУРЭ,  
**Я. В. СВЯТКИН**, аспирант ХНУРЭ,  
**И. Ю. ШУБИН**, канд. техн. наук, доц., проф. кафедры ПОЭВМ ХНУРЭ

## МЕТОДЫ ИНТЕГРАЦИИ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Запропоновано модель синтаксичного аналізу у задачах анотування та реферування повнотекстової інформації, з використанням алгебри скінчених предикатів та предикатних операцій. Проведено аналіз існуючих методів анотування та реферування повнотекстової інформації. Запропоновано використовувати при анотуванні та реферуванні статистичні методи та підхід, що розроблений, разом.

Предложена модель синтаксического анализа в задачах аннотирования и реферирования полнотекстовой информации, основанная на использовании конечных предикатов и предикатных операций. Проведено анализ существующих методов аннотирования и реферирования полнотекстовой информации. Предложено использовать при аннотировании и реферировании статистические методы и предложенную модель вместе.

The model of the syntactic analysis in problems of annotation and abstracting is offered to the text-through information, based on use of final predicates and predicate operations. It is lead the analysis of existing methods of annotation and abstracting the text-through information. It is offered to use at annotation and реферировании statistical methods and the offered model together.

**Введение.** Наиболее часто встречающейся проблемой, которая стоит перед авторами учебных курсов при компьютерном (дистанционном) обучении, является интеграция разнородных учебно-методических материалов в единый курс обучения. Актуальной является задача создания инструментальных систем поддержки интеграции учебно-методических материалов, к которым предъявляются жесткие требования, так как эффективность обучения существенно зависит от формы и качества предоставления учебных материалов. В основу подобных систем закладывается распределенная модель хранения информации.

Основу содержания современных учебных курсов должны составлять осваиваемые способы деятельности, а не конкретное предметное содержание [1]. Данное обстоятельство обуславливает необходимость многопоточной серверной реализации тех функций системы, которые связаны с проверкой ответов обучаемых и предоставлением доступа к системе и к базам данных учебных курсов.

**Анализ последних достижений.** Автоматизированные обучающие системы (АОС) [2] представляют собой программно-технические комплексы, включающие в себя методическую, учебную и организационную поддержку процесса обучения, проводимого на базе информационных технологий.

Существующие АОС разбивают на четыре функциональных класса [3]:

- информационные системы, содержащие большой объем методического материала и слабую контролирующую часть;
- контролирующие системы, содержащие в качестве обучающего материала только справочный материал и имеющие мощный контролирующий блок;
- моделирующие системы, моделирующие поведение интересующего нас объекта и предназначенные для выполнения лабораторных работ, когда необходимо исследовать поведение его в зависимости от внешних воздействий при заданных параметрах;
- тренажеры, необходимые для обучения каким либо действиям, например, управлению автомобилем или тренировки персонала в условиях чрезвычайных ситуаций.

Информационные системы в зависимости от характера учебных занятий можно разбить на следующие типы [4]:

- лекторские;
- ассистентские;
- репетиторские;
- справочно-консультирующие системы.

Каждый тип систем отличается способом представления предмета обучения и формой обучения, которые имитируют подобную деятельность преподавателя.

Весьма распространенным типом АОС среди замкнутых систем являются имитационные автоматизированные обучающие системы. Здесь функции ведущего "элемента" выполняет фактор моделирования реальной ситуации в той или иной сфере предметной области. Элемент с обратной связью в виде реакции ученика на предъявляемый АОС учебный материал является основой непрерывного взаимодействия системы "АОС – Обучаемый", т. к. то или иное воздействие на систему со стороны пользователя ведет сразу к ответной реакции со стороны обучающей системы.

**Постановка задачи и цель работы.** Разработка математического обеспечения для создания универсальных компьютерных программ учебного назначения (КПУН), входящих в состав инструментальной системы поддержки интеграции учебно-методических материалов для построения интеллектуальной компьютерной обучающей системы (ИКОС) с накоплением информации, управляемой правилами. Обновление базы знаний КПУН производится с помощью инструментальной системы по мере надобности, в том числе и по результатам апостериорной статистической обработки матрицы результатов измерения знаний достаточно большого количества обучаемых. Использование такого подхода к проектированию инструментальных систем интеграции различных материалов в учебный курс позволяет достичь следующих целей:

1. Реализовать индивидуальный подход к объекту обучения. ИКОС являются особым классом обучающих систем, в структуру которых закладываются механизмы адаптации к конкретному объекту обучения. В состав ИКОС включаются вычислительные, классифицирующие, контрольно-диагностирующие средства, позволяющие оценивать параметры объекта обучения и вырабатывать оптимальную стратегию и тактику обучения на каждом этапе.
2. Проводить обучение в режиме реального времени. Процедуры адаптации должны выполняться с высокой скоростью, поскольку любые технологические задержки в работе системы можно рассматривать как возмущающие воздействия, влекущие за собой отклонения процесса обучения от оптимального.

**Решение задачи.** Учебный курс представляется в виде направленного графа, в котором узлами служат документы специального вида – слайды, а ребрами – переходы между ними. Из каждого узла обучаемый может попасть в один из нескольких других узлов, непосредственно связанных с ним ребрами. Какой переход будет выбран, решает система на основе данных об обучаемом и текущего состояния учебного процесса. В первую очередь при решении используются протокол работы и модель обучаемого. Протокол представляет собой файл, в который автоматически заносится информация о всех действиях, которые обучаемый выполнял за терминалом компьютера. На основе анализа протокола, при необходимости, можно скорректировать модель обучаемого. Модель обучаемого должна содержать ответы на вопросы не только о том, что знает и умеет делать конкретный обучаемый, но и о том, к какому психологическому типу он относится и чего достиг за время обучения.

Некоторые узлы курса могут быть помечены как обязательные для посещения. Стартовый узел выбирается на основе уровня подготовки обучаемого, выявленного с помощью блока вступительного тестирования. Выбор конкретного перехода (направления дальнейшего развития учебного процесса) осуществляется на основе правил, связанных с каждым из ребер перехода.

При этом инструментальная система позволяет разработчикам вносить коррективы в эти правила с помощью средств визуального редактирования без необходимости ввода текста правил вручную.

Информация в узлах курса обучения должна быть разбита на небольшие смысловые части – слайды. Слайды могут быть двух типов: интерактивные и информационные. Информационные слайды состоят только из объектов отображения текстовой и графической информации, воспроизведения аудио- и видеофрагментов и кнопок управления ходом учебного процесса. Интерактивные слайды, кроме перечисленных объектов, могут также содержать объекты, реализующие различные виды тестовых заданий для организации обратной связи с обучаемым и оперативного контроля усвоения

знаний, а также для приобретения обучаемым необходимых навыков. В текущей версии данной инструментальной системы применительно к интерактивным слайдам используется биномиальная модель педагогического теста. В рамках этой модели результат выполнения каждого задания оценивается по бинарной шкале: 1, если испытуемый успешно выполнил задание, содержащееся в данном интерактивном слайде; 0 – в противном случае. Таким образом, в учебном курсе каждый интерактивный слайд имеет как минимум два исходящих ребра: одно соответствует успешному выполнению тестового задания, второе – неправильному решению задания. При таком подходе, количество интерактивных слайдов в блоке интерактивного обучения, а также количество вопросов в блоке заключительного тестирования определяется следующими параметрами:  $N$  – искомое количество интерактивных слайдов;  $p$  – вероятность успешного выполнения тестового задания (истинный балл обучаемого, характеризующий истинный уровень обученности);  $d$  – надежность определения параметра  $p$ ;  $\Phi_0$  – интеграл вероятностей (функция Лапласа);  $\varepsilon$  – точность определения истинного балла обучаемого  $p$ .

Задавая значения величин точности ( $\varepsilon$ ), надежности ( $d$ ) и, учитывая текущий уровень обученности ( $p$ ), с помощью формул можно определить требуемое количество интерактивных слайдов в подготавливаемом курсе обучения. В случае возникновения необходимости проведения комплексной объективной аттестации с высокой степенью точности ( $\varepsilon = 0,05$ ) и надежности ( $d = 0,9$ ), для испытуемых с истинным уровнем обученности  $p = 0,7$  потребуется подготовить  $N = 228$  интерактивных слайдов. Заметим, что объективные зарубежные тесты для профессиональной аттестации (для адвокатов, врачей, бухгалтеров и др.) содержат, как правило, от 220 до 250 тестовых заданий, при  $p$  в диапазоне от 0,7 до 0,75. Однако для определения качества усвоения материалов учебного курса не требуется чрезвычайно высокая точность педагогического измерения. Для этой цели вполне подойдет средняя точность и надежность, поэтому величины  $\varepsilon$  и  $d$  можно положить равными 0,1 и 0,8 соответственно. В этом случае, для определения истинного балла  $p = 0,6$  достаточно подготовить 40 интерактивных слайдов.

Дистанционную (компьютерно-ориентированную) форму обучения логично рассматривать как человеко-машинную систему, в которой обучаемый и преподаватель выступают в роли человека-оператора. Если обучаемый управляет системой приобретения знаний, то преподаватель опосредованно управляет процессом обучения. Как и при проектировании человеко-машинной системы при создании ИСРКОС следует решать вопросы перераспределения функций между человеком и вычислительными средствами.

С этой целью предлагается использовать в процессе обучения индивидуальную модель обучаемого [4]. При этом предполагается, что процесс обучения представляет собой последовательную совокупность

освоения отдельных разделов учебного материала. Каждый этап обучения заканчивается тестированием. Обучаемый может управлять процессом своего обучения посредством выбора способов освоения учебного материала.

Под моделью обучаемого будем понимать нечеткий недетерминированный автомат вида [5]:

$$A = \langle U, X, Y, s_0, \delta, \sigma \rangle, \quad (1)$$

где  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$  – конечное множество входов;

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  – конечное множество состояний;

$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$  – конечное множество выходов;

$\delta: X \times U \times X \rightarrow [0, 1]$  – функция переходов;

$\sigma: X \times Y \rightarrow L$  – функция выходов;

$s_0$  – начальное состояние.

Функция  $\delta$  порождает множество нечетких матриц перехода:

$$T = \{\delta_{X_i, X_j}(U)\}, 1 \leq i \leq j \leq n, \quad (2)$$

функция порождает нечеткую матрицу выхода. Среди множества состояний автомата выделяется множество финальных (заключительных) состояний  $X_n$ . Нам будет интересовать такой тип автомата, для которого каждое состояние  $X_i$ ,  $i \in I = \{1, \dots, n\}$  зависит от предыдущего состояния  $X_{i-1}$ . Подобная зависимость может определяться последовательностью реализации подцелей, приоритетом выполнения и т.п.

В этом случае автомат можно задать как нечеткий граф:

$$G = \{\mu_G(X_{i-1}, X_i) \in M\}, \quad (3)$$

где  $M$  – множество принадлежностей элементов  $X_{i-1} \times X$ .

Цель обучения декомпозируется на  $i$  последовательных (по времени освоения материала) подзадач. Будем интерпретировать  $X_i$  как множество результатов  $i$ -го теста,  $Y_j$ ,  $j \in J = \{1, \dots, p\}$  – как множество интервалов времени на обучение,  $L$  – как множество доходов, связанных с реализацией выбранного способа обучения (освоения материала)  $u \in U$  на интервале времени  $Y_j$ . Очевидно, что в рассматриваемом типе автомата  $m = n$  и может трактоваться как число последовательных этапов (шагов) достижения цели.

Управляющие решения и состояния подзадач, протекающие во времени, будем трактовать как нечеткие события на интервале  $Y_k$ ,  $1 \leq k \leq p$ . При таком подходе функция переходов может задаваться экспертным путем и отражать уже имеющийся опыт обучения, исходя из практического опыта подачи учебного материала. При этом, естественно, не учитывается результат обучения в зависимости от времени его реализации, а также личностные особенности приобретения знаний конкретным индивидом. Для учета данного обстоятельства необходимо построить индивидуализированную функцию переходов. С этой целью используется исходная информация от

обучаемого, которая включает прогноз применения того или иного способа освоения материала в зависимости от возможных результатов тестирования в виде функции  $\mu: X_i \times U_1 \rightarrow [0, 1]$ , а также прогноз перехода управляемого процесса обучения из исходного состояния  $S_0$  на первом шаге решения в зависимости от ограничений на имеющиеся ресурсы. На основе этой информации программируется автоматная модель. Для этого на каждом шаге решается система композиционных уравнений вида [6]:

$$\left. \begin{aligned} \mu(X_i)/U_1 &= \mu(X_{i-1})/U_{1-1}, \circ \delta(X_{i-1}, X_i)/U_1, \\ \mu(U_1) &= \mu(X_{i-1}) \circ \mu(X_{i-1}, X_i)/U_1 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где "o" – знак операции "композиция";

$\mu(X_i)/U_1, \mu(X_{i-1})/U_{1-1}$  – нечеткие оценки возможности управляемого процесса находится в состояниях  $X_i, X_{i-1}$ , при применении способов освоения учебного материала  $U_1$  и  $U_{1-1}$ , соответственно;

$\mu(U_1)$  – нечеткая оценка выбора обучаемым способа освоения материала  $U_1$ .

Полученные оценки группируются попарно, исходя из следующего условия:

$$\mu(U_1) \leq \mu(X_i)/U_1. \quad (5)$$

Формирование пар по такому принципу согласуется с реальным выбором решения: результату теста с максимальной оценкой возможности должен соответствовать способ освоения учебного материала также с максимальной оценкой применения его обучаемым. Выделение пар позволяет выявить наиболее возможные связи по способам освоения материала между результатами тестирования каждого этапа обучения. При этом каждый способ освоения, маркирующий связь, характеризуется нечеткой оценкой использования его обучаемым и нечеткой оценкой цены обучения (нормированный доход), субъективно осознаваемой обучаемым, в зависимости, например, от времени или сложности освоения учебного материала.

Построение автомата осуществляется следующим образом [7]. Из исходного состояния в состояния первого шага принятия решений проводятся дуги, маркированные теми способами освоения учебного материала, использование которых, в соответствии с прогнозом, позволяет добиться результатов промежуточного тестирования на первом этапе обучения, характеризующихся наибольшей оценкой. В зависимости от означивания этих дуг и на основе сформированных пар "способ освоения материала" – "результаты тестирования" проводятся означенные дуги от первого до  $n$ -го этапа обучения.

В результате построений получаем нечеткий недетерминированный автомат, моделирующий поведение обучаемого при различных результатах промежуточного тестирования. Применяя подход, используемый в динамическом программировании, можно выделить классы стратегий обучаемого. В первую очередь нас будет интересовать тот класс, стратегии которого позволяют достичь цели обучения и характеризуются максимальными оценками связей между результатами тестов. Для выделения таких стратегий на множестве финальных результатов тестирования определяются результаты тестирования на (n-1)-м шаге, переход из которых в целевые состояния n-го шага характеризуется способами освоения учебного материала с оценкой, равной

$$\alpha(U_{n-1}) = \max_{Y_{n-1}} (\min(\mu U_{n-1}, \sigma_{X_{n-1}, U_{n-1}})). \quad (6)$$

Подобная процедура осуществляется для каждого шага решения, вплоть до состояния  $S_0$ . Использование процедуры позволяет выделить возможные стратегии обучения, представляющие собой взвешенные пути на графе от вершины  $S_0$  до вершин из множества  $X_n$ . Каждый q-й путь представляет собой взвешенную относительно способов освоения учебного материала последовательность вида:

$$S_q = (s_0, U_0, X_1^r, U_1, \dots, X_{n-1}^r, U_{n-1}, X_n^r), \quad (7)$$

где  $r_w, w \in \{1, 2, \dots, n\}$  – число результатов w-го теста. Элементы (результаты итогового тестирования) множества  $X_n$  могут представлять для обучаемого различную ценность, что отражается заданием на  $X_n$  нечеткой цели с функцией принадлежности:

$$\mu(g) = \left\{ \mu(X_n^1, \dots, X_n^h) \right\}, \quad (8)$$

где h – размерность множества  $X_n$ ;

$\mu(X_n^\pi) \pi \in \{1, 2, \dots, h\}$  – функция принадлежности результата тестирования нечеткой цели g.

В этом случае каждую стратегию из класса  $\pi$  можно оценить следующим образом:

$$\beta(S_q^\pi) = \min(\alpha(U_0), \alpha(U_1), \dots, \alpha(U_{n-1}), \mu(X_n^\pi)). \quad (9)$$

Очевидно, что стратегия, имеющая оценку

$$\max_q \left( \beta(S_q^\pi) \right), \quad (10)$$

наиболее соответствует индивидуальному стилю приобретения знаний обучаемым, но не всегда может соответствовать максимальной функции принадлежности результата тестирования относительно цели g. Полученного противоречия при построении модели обучения можно избежать, используя следующие способы:

- изменение предпочтений обучаемого;
- изменение исходных матриц переходов и выходов;
- использование такой организации сопровождения обучения, которая бы учитывала только конечную цель, т.е. состояние нечеткой цели с максимальной функцией принадлежности.

В последнем случае следует использовать смешанные стратегии, образованные частями стратегий из классов  $\pi$ . Необходимость в формировании смешанной стратегии определяет трансформацию стратегии из некоторого класса, выбранную, исходя из критерия (3.9) в стратегию из другого класса, исходя из следующего критерия:

$$\max_\pi \left( \mu(X_n^\pi) \right). \quad (11)$$

Очевидно, что необходимость в трансформации возникает в тех случаях, когда выбранная исходная стратегия перестает быть эффективной по отношению к нечетко заданной цели [8]. При этом важно определить те пространственно-временные точки графа (вершины), где подобная трансформация возможна. С этой целью введем понятие коэффициента свободы выбора обучаемого (КСВ), под которым будем понимать отношение числа допустимых стратегий из класса

$$S_q^\pi \text{ c } \beta(S_q^\pi) \geq \varepsilon, \quad (12)$$

к общему числу стратегий из этого же класса. Здесь  $\varepsilon$  означает порог возможностей обучаемого в достижении поставленной им цели, при использовании индивидуального стиля освоения учебного материала. Чем меньше значение КСВ, тем меньше у обучаемого вариантов в достижении поставленной цели без изменения индивидуальной стратегии. Поэтому обучающая система, построенная на основе модели поведения обучаемого, должна:

- рекомендовать после получения каждого результата тестирования те способы освоения материала, которые являются составными частями допустимых стратегий и не делают значение КСВ равным или близким нулю;

- в случае невозможности выполнения предыдущего пункта трансформировать индивидуальную стратегию обучаемого, переходя на смешанную стратегию обучения. Такая стратегия обучения останется допустимой по отношению к достижению поставленной цели;
- перепрограммировать модель обучения в ситуациях перехода от одного результата тестирования к другому в пределах одного и того же этапа обучения.

В последнем случае необходимость в перепрограммировании модели обучения определяется изменением функции доходов. Использование рассмотренной модели позволяет произвести автоматическую коррекцию индивидуальных стратегий обучаемого. Особенность предлагаемого подхода состоит в возможности перенесения модели обучаемого, сформированной преподавателем при личных контактах, в образовательную среду компьютерного (дистанционного) обучения.

**Основные результаты и выводы.** Предложенный подход позволяет одновременно использовать инструментальную систему в процессе совместной работы над одним учебным курсом коллективу таких специалистов, как преподаватель, ведущий аналогичный курс, психолог, дизайнер, редактор и т.д. Использование инструментальной системы поддержки интеграции учебно-методических материалов позволит не только существенно сократить время создания курсов компьютерного (дистанционного) обучения, но и в дальнейшем позволит оперативно обновлять материалы курсов. Внедрение таких систем позволит обеспечить более быстрый переход на единые форматы передачи учебной информации, что, в свою очередь, будет способствовать расширению сферы применения данной инструментальной системы.

**Список литературы:** 1. Чернявский А. Ф. Автоматизированные обучающие системы на базе ЭВМ / Под ред. А.Ф.Чернявского. – Минск: Изд-во БГУ им. В.И.Ленина, 1980. – 155 с. 2. Румянцев И. А. Аксиоматическая теория структурно-алгоритмического моделирования процесса обучения. – СПб: РГПУ им. А.И.Герцена, 1991. – 230 с. 3. Werner E. Artificial intelligence and tutoring systems. Computational approaches to the communication of knowledge. – Los Altos: Morgan Kaufmann, 1987. – 486 p. 4. Benjamin S. Bloom Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, by committee of college and university examiners. – New York: D. McKay Co, 1956-1964. 5. Семенец В. В., Шубин И. Ю. Концепция интегрированной среды разработчика компьютерных обучающих систем // Проблемы бионики. – 1999. – № 50. – С. 49-61. 6. Bilous N., Shubin I., Vyrodov O. The conception of interactive training system design: In journal of New Solutions in Modern Technologies. – Kharkiv, Ukraine. – 2006. – № 79. – С. 68-70. 7. Bondarenko M., Bilous N., Shubin I. The Ukrainian e-Learning Region: In Proceedings of 10-th International LInE Conference New Partnerships and Lifelong Learning. – Helsinki, Finland. – 2008. – P. 88-92 8. Горбач Т. В., Шубин И. Ю. Концепция построения интерактивной системы реализации дополнительного профессионального образовательного процесса // Материалы 5-й конференции "Дополнительное профессиональное образование: от спроса до признания". – Москва, 7-8 июня 2007 г. – С. 51-53.

*Поступила в редколлегию 21.12.09*