

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЭКСПЕРТНО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Л.В. Котова

Институт технической кибернетики НАН Беларуси. Минск, 220012, ул. Сурганова, 6, Минск, 220012, БЕЛАРУСЬ, тел. (8-017)284-21-47, shi@newman.bas-net.by

ВВЕДЕНИЕ

Экспертно-обучающие системы (ЭОС) - это компьютерные программы, имеющие основные компоненты экспертных систем (ЭС) и функционирующие на основе представления трех типов данных: предметных, метазнаний и знаний об обучаемом [1]. Данные системы содержат блок объяснения и блок адаптации изложения учебного материала к обучаемому в зависимости от его подготовленности. ЭОС способны генерировать содержание уроков и порядок обучающих воздействий (маршрут обучения) в процессе обучения и контроля знаний. Такая адаптивность ЭОС достигается за счет использования результатов оперативной экспертизы действий обучаемого в процессе диалога с системой с учетом его информационных потребностей, уровня знаний и психолого-педагогических характеристик. Предполагается, что в ЭОС в ходе обучения строится модель обучаемого [2], которая в процессе обучения корректируется и настраивается на уровень знаний конкретного обучаемого. Такие системы основываются как на знаниях экспертов предметной области, так и на знаниях экспертов по методике обучения. ЭОС генерируют ряд стратегий обучения, уровень детализации которых зависит от активности обучаемого в диалоге с системой.

Эффективность ЭОС возрастает в том случае, если система:

- работает в режиме диалога с возможностью обеспечения обратной связи;
- быстро предоставляет необходимую информацию на основе технологии гипертекст [3];
- реализована с применением средств мультимедиа для наглядной подачи теоретического материала и проверки его усвоения [3];
- предоставляет пользователю консультации, подсказки и пояснения как при поэтапном

выводе, так и при восстановлении отсутствующих в сценарии учебных воздействий [4];

- включает адаптивный тестовый контроль (АТК) знаний.

1. АРХИТЕКТУРА ЭОС

Рассматриваемая обучающая система сочетает в себе черты интеллектуального решателя задач, экспертной и информационно-поисковой систем. В состав ЭОС входят три подсистемы: ПРАКТИКУМ, СПРАВОЧНИК и ТРЕНАЖЕР (Рис. 1). Подсистема ПРАКТИКУМ предназначена для реализации функций обучения и контроля знаний. СПРАВОЧНИК используется для справочного обслуживания обучаемого. Основная функция подсистемы ТРЕНАЖЕР — обучение решению задач.

Информационная база ЭОС состоит из базы данных и базы знаний. В базе данных представлены конструктивные модули, тексты справок и условия задач. Под конструктивным модулем будем понимать фрейм, слоты которого заполнены обучающей информацией и данными для управления процессом обучения [4]. Обучающие и информационно-справочные данные (тексты, графики, видеоклипы и т.п.), а также вопросы и тесты для контроля знаний обучаемых, условия задач и их решения будем называть в дальнейшем учебными воздействиями.

База знаний ЭОС включает лингвистические, энциклопедические и управляющие знания и модели обучаемых. Лингвистические знания состоят из синтаксического и семантического покрытий соответственно входного и внутреннего языков ЭОС, двуязычного словаря для перевода сообщений с входного языка на внутренний и обратно и словаря семантических отношений.

<http://edoc.bseu.by>

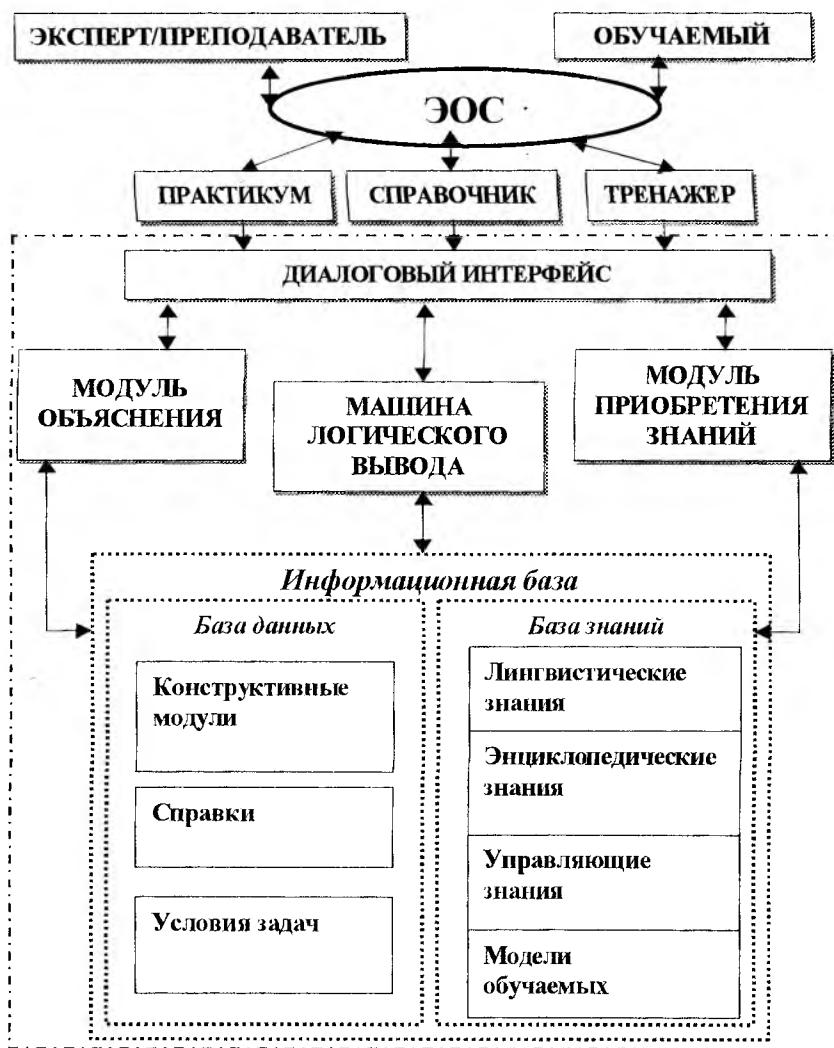


Рисунок 1. Архитектура экспертно-обучающей системы

Синтаксическое покрытие представляет собой совокупность синтаксических структур входного языка (словосочетаний из двух и более слов), представленных в виде синтаксических деревьев соответствующих сообщений языка.

Семантическое покрытие — это множество синтагм внутреннего языка, достаточное для перевода на этот язык всех входных синтаксических структур.

Каждая статья двуязычного словаря содержит синтаксическую структуру из синтаксического покрытия и синонимичную ей синтагму семантического покрытия.

В словаре семантических отношений представлены записи, включающие две позиции. В первой содержится понятие внутреннего языка (слово или синтагма), а во второй — синонимичные ему понятия этого же языка или понятия, парадигматически подчиненные первому понятию, а также находящиеся с ним в

тию, а также находящиеся с ним в отношении парадигматического подчинения типа "род-вид", "целое-часть" и т.п.

Энциклопедическая база знаний ЭОС — это семантическая сеть специального вида (сеть семантических структур). Компонентами этой сети являются семантические примитивы, сцены, эпизоды и сценарии. Семантический примитив — фреймоподобное сообщение внутреннего языка обучающей системы, первому понятию которого синтаксически подчинены все остальные понятия или слоты. Семантическая сцена представляет собой примитив, все или некоторые слоты которого заполнены другими примитивами. Эпизод — это сцена, всем или некоторым понятиям или слотам которой парадигматически подчинены совокупности других сцен. Сценарием является всякое упорядоченное множество эпизодов.

Управляющие знания представляют собой систему правил продукции, используемых при генерации маршрутов обучения.

В базе знаний об обучаемых (модели обучаемых) представлены сведения об успеваемости и психолого-педагогическая информация для каждого учащегося.

2. ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Понятие объяснительной функции возникло в связи с необходимостью контроля со стороны пользователя за действиями экспертной системы в процессе логического вывода [1,5]. Благодаря этой функции на любом этапе вывода можно получить информацию о системе в виде правила продукции (по запросу "правило") или кортежа правил (по запросу "почему?"). В настоящее время объяснительная функция становится необходимой составляющей компьютерных систем различного назначения, что обусловлено растущей сложностью среды их функционирования и высокими требованиями к полноте и достоверности выдаваемых ими рекомендаций, решений и справочной информации.

Рассмотрим метод реализации объяснительной функции в ЭОС, обеспечивающей предоставление обучаемому комментариев и разъяснений не только при поэтапном выводе обучающих воздействий, но и при их восстановлении в маршруте обучения. Метод основан на предложенной ранее [6] математической модели генерации маршрутов обучения.

2.1. Вывод учебных воздействий и генерация сценария обучения

Основными компонентами базы данных системы автоматизации обучения являются обучающие информационно-справочные данные (тексты, графика, видеоклипы и т.п.), вопросы и тесты для контроля знаний обучаемых, а также задачи и их решения для реализации функций тренажера. Эти компоненты обучающей системы будем называть *учебными воздействиями*. Учебные воздействия служат элементарными модулями сценариев обучения, генерация которых реализуется путем поэтапного линейного упорядочения этих модулей. Упорядочение сценариев осуществляется на основе строгого порядка, определенного на множестве учебных воздействий соответствующего тематического раздела автоматизированного учебного курса. Понятия курса, раздела и сценария

обучения определим формально следующим образом.

Обозначим через V некоторое непустое множество учебных воздействий, а через σ - строгий порядок, определенный на этом множестве. Содержательно строгий порядок σ определяет для каждого учебного воздействия совокупность всех воздействий, которые должны ему предшествовать в сценарии обучения. Строго упорядоченное множество $\langle V, \sigma \rangle$ будем называть *учебным курсом*.

Пусть R - некоторое непустое подмножество множества V , имеющее наибольший и наименьший элементы, а $\sigma' = \sigma \cap (R \times R)$ - сужение отношения σ на множество R . Обозначим, кроме того, через $\sigma_R = \sigma' \setminus \sigma'$ редукцию строгого порядка σ' . Тогда орграф G_R отношения σ_R назовем *тематическим разделом* учебного курса. Нетрудно видеть, что орграф G_R является слабосвязным, т.е. любые две его вершины соединены полупутем. Наибольший элемент множества R , т.е. вершину орграфа G_R с нулевой полустепенью захода, будем называть *начальным учебным воздействием* тематического раздела G_R , а наименьший элемент, т.е. вершину G_R с нулевой полустепенью исхода, назовем *конечным учебным воздействием* этого раздела. Начальное и конечное воздействия являются нетерминальными элементами тематических разделов учебного курса, т.е. символами для обозначения их начала и конца, а учебные воздействия - терминальными.

Сценарием обучения будем называть всякий кортеж учебных воздействий $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$, где $\{a_i \mid a_i \in R, i = 1, 2, \dots, n\}$ - множество всех вершин орграфа G_R , при этом для любых $i < j$ $(a_i, a_j) \in \sigma$ или учебные воздействия a_i и a_j не сравнимы относительно σ ; другими словами, вершина a_j достижима из вершины a_i или соответственно вершины a_i и a_j соединены полупутем.

При построении сценария обучения, т.е. при определении его каждого очередного учебного воздействия, в качестве исходного используется некоторое множество воздействий. Важно, чтобы это множество включало все воздействия, предшествующие в смысле порядка σ этому очередному воздействию сценария обучения. Такие множества учебных воздействий будем называть по аналогии с [4] *насыщенными*. Понятие насыщенности введем формально следующим образом.

Непустое множество учебных воздействий $S \subseteq R$ будем называть *насыщенным*, если в

множестве R отсутствуют учебные воздействия, которые предшествуют в смысле отношения σ некоторым учебным воздействиям из S и не являются элементами S , т.е. для любых воздействий $a \in R$, $b \in S$ из $(a, b) \in \sigma$ следует $a \in S$. Другими словами, множество S вершин орграфа G_R будем считать насыщенным, если в множестве R всех вершин этого орграфа отсутствуют вершины, которые не являются элементами S и из которых достижима хотя бы одна вершина из S . В сценарии обучения $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$ в качестве S можно рассматривать множество $\{a_i \mid i \leq n\}$.

Если S является насыщенным множеством, то для поиска в множестве $R \setminus S$ учебного воздействия, которое может следовать в смысле отношения σ за S , можно использовать понятие выводимости, которое мы определим следующим образом.

Будем говорить, что учебное воздействие $b \in R$ выводимо из множества воздействий $S \subset R$, если S является насыщенным, $b \notin S$ и все вершины множества R , из которых достижима вершина b графа G_R , являются элементами S .

С использованием понятия выводимости можно пошагово сгенерировать кортеж учебных воздействий $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$, полагая на каждом шаге $S_i = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$, где $i < n$. Нетрудно доказать, что этот кортеж является сценарием обучения.

Утверждение 1. Если учебное воздействие a_j ($1 < j \leq n$) выводимо из множества воздействий $\{a_i \mid i = 1, 2, \dots, j-1\}$, то кортеж $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$ является сценарием обучения.

Доказательство. Требуется доказать, что учебные воздействия a_1, a_2, \dots, a_n удовлетворяют определению сценария обучения, т.е. для любых $i < j$ вершина a_j достижима из вершины a_i или вершины a_i и a_j соединены полупутем (т.е. не сравнимы относительно строгого порядка σ). Пусть от противного вершина a_i достижима из вершины a_j орграфа G_R . Тогда должно существовать насыщенное множество учебных воздействий, которое включает воздействие a_j и из которого выводимо воздействие a_i . В этом случае $i > j$, что противоречит первоначальному соглашению. Утверждение 1 доказано.

2.2. Типы объяснительной функции

С учетом задач, решаемых системой автоматизации обучения, в ней можно выделить три основных типа объяснительной функции.

Первый тип связан с запросами "начало" и "почему?" и реализуется на первоначальном этапе генерации сценария обучения. По первому запросу система должна сообщить пользователю, какие учебные воздействия могут служить начальными элементами сценария обучения, а по второму - объяснить, почему именно данные воздействия являются началом сценария.

Второй тип объяснительной функции характеризуется запросами "дальше" и "почему?". Запрос "дальше" может быть инициирован обучающей системой в случае, когда сформирована некоторая часть сценария, т.е. имеется насыщенное множество учебных воздействий. На основе этого множества система определяет выводимые из него учебные воздействия и выдает обучаемому (по запросу "почему?") цепочку рассуждений о правомерности своих действий.

Объяснительная функция третьего типа включает запросы "что пропущено?" и "почему?". Первый запрос соответствует ситуации, когда в сценарии обучения отсутствуют некоторые учебные воздействия, которые должны предшествовать в смысле строгого порядка σ некоторому конкретному воздействию. Другими словами, множество всех учебных воздействий сценария обучения, за которым следует данное конкретное воздействие, не является насыщенным. По запросу "что пропущено?" обучающая система должна исследовать это множество на насыщенность и найти пропущенные элементы сценария, а по запросу "почему?" - объяснить, почему пропущенные учебные воздействия должны в нем присутствовать.

Теоретической основой алгоритмической реализации объяснительной функции в системе автоматизации обучения является введенное понятие выводимости учебных воздействий. С помощью этой процедуры система может обеспечить пользователей объяснениями и комментариями при выводе всякого очередного воздействия.

3. МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ВОПРОСОВ ПРИ АДАПТИВНОМ ТЕСТОВОМ КОНТРОЛЕ ЗНАНИЙ

Применение ЭОС в качестве контролирующего средства для определения качества и уровня знаний обучаемого имеет огромное значение в обучении [7]. Рассмотрим одну из составляющих ЭОС - адаптивный тестовый контроль (АТК) знаний, который позволяет корректировать модель обучаемого, регулировать

трудность и число предъявляемых заданий в зависимости от ответа обучаемого на текущий вопрос. Тестирование такого вида базируется на принципе индивидуализации обучения, предоставляет возможность свободного выбора траектории обучения в процессе получения знаний по конкретной дисциплине [8].

Задания для АТК знаний хранятся в базе вопросов ЭОС. Для генерации системой новых вопросов необходим банк эталонов, который состоит из набора примеров, заложенных разработчиками системы. На основе данного модуля система дает иную формулировку вопроса. Если задание сформулировано в виде задачи (по математике, физике, химии и т.д.), тогда система изменяет числовые данные из области допустимых значений. Исходя из набора примеров, система может генерировать такое количество n новых вопросов, сколько задает разработчик учебного курса в интервале [1, 10] (Рис. 2).



Рисунок 2. Схема генерации вопросов

При составлении теста для каждого обучаемого формируется свой набор заданий, который является неотъемлемой частью сценария обучения для конкретного пользователя. Предполагается, что для каждого тематического раздела по конкретному учебному курсу в базе вопросов имеется определенное количество заданий. Выбор вопросов теста случайным образом обеспечивает самостоятельную одновременную работу обучаемых с разнообразным набором заданий и исключает списывание. Вопросы по каждому тематическому разделу группируются в блоки. В модели обучаемого фиксируются номера выбранных заданий для тщательной обработки результатов теста. В этом случае, если обучаемый, отвечая на вопрос, не справляется с заданием, система генерирует новый вопрос на основе предложенного метода.

Новое задание, сгенерированное системой, будет предложено проходящему тестирование студенту в том же тематическом блоке вопро-

сов. Т.о., дается несколько попыток ответа на поставленные вопросы, что способствует выявлению более полных знаний по предложенной тематике. Если обучаемый с нескольких попыток, число которых определяет разработчик учебного курса, не отвечает на вопросы теста, то весь блок вопросов по данному тематическому разделу исключается из набора заданий. Далее студент переходит к следующему блоку вопросов. В модели обучаемого фиксируется уровень знаний по каждому учебному курсу, а также его рейтинговые оценки.

Использование данного метода в системе позволяет разработчику учебного курса не создавать множество заданий с идентичными условиями, а внести в базу вопросов только одно задание. Система по ходу тестирования сама сгенерирует новые вопросы, исходя из содержимого банка эталонов. Данный метод генерации вопросов при АТК знаний позволяет ЭОС более точно скорректировать траекторию обучения.

4. ОЦЕНКА ЗНАНИЙ ОБУЧАЕМОГО

Окончательная оценка знаний обучаемого в ЭОС формируется с учетом следующих критериев:

- правильность выполнения задания;
- сложность предложенного задания (вес вопроса);
- коэффициент важности изучаемой темы, из которой предлагаются вопросы;
- уровень прохождения адаптивного тестового контроля;
- обращение за подсказкой;
- время выполнения задания;
- обращение за справочной информацией.

При оценке знаний обучаемого важную роль играет коэффициент важности изучаемого тематического раздела (ТР) учебного курса. Это зависит от объема ТР и его значения в подготовке по предмету. Коэффициент значимости тематического раздела соответствует значению, присвоенному данному ТР экспертом-преподавателем при формировании теста.

Коэффициент по тематическому разделу учебного курса вычисляется следующим образом:

$$k_{TP} = \sum_{i=1}^n (\lambda_i \cdot T \cdot K_{ввз}), \quad (1)$$

где

k_{TP} - коэффициент по ТР;

λ_i - вес i -го вопроса;

T - коэффициент значимости TP при изучении конкретного предмета;

K_{REZ} - коэффициент для определенного вида итогового контроля (зачет, экзамен, консультация и т.д.).

После изучения всех тематических разделов курса рассчитывается коэффициент усвоения учебного курса для каждого обучаемого по формуле:

$$k_{ук} = \frac{\sum_{j=1}^m k_{TP}}{m}, \quad (2)$$

где

$k_{ук}$ - коэффициент усвоения учебного курса;

k_{TP} - коэффициент усвоения по j-му тематическому разделу учебного курса;

m - количество TP, из которых состоит учебный курс.

Коэффициент $k_{со}$, полученный после завершения процесса обучения по заданному сценарию обучения, рассчитывается следующим образом:

$$k_{со} = \frac{\sum_{i=1}^p (k_{ук} \cdot \lambda_i)}{p}, \quad (3)$$

где

$k_{ук}$ - коэффициент усвоения учебного курса;

p - число вопросов в сценарии обучения;

λ_i - вес i-го вопроса в компьютерном учебнике при АТК знаний.

Полученная оценка фиксируется в модели обучаемого.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье предложены методы обработки информации в экспертно-обучающей системе: метод реализации объяснительной функции, метод генерации вопросов при адап-

тивном тестовом контроле знаний и метод оценки знаний обучаемого. Данные методы позволяют усовершенствовать структуру ЭОС, предоставляя возможность создавать различные сценарии обучения с расширенными функциями объяснения, тестирования и оценки знаний обучаемого.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кокорева Л.В., Перевозчикова О.Л., Ющенко Е.Л. Диалоговые системы и представление знаний. - Киев: Наукова думка, 1993. - 448 с.
- [2]. Котова Л.В. Формирование модели обучаемого в тестирующей АОС// Материалы Междунар. науч. метод. конф. МАПРЯЛ. Минск, 27-28 мая 1999 г. - Мн.: БГЭУ, 2000, - С. 86-87.
- [3]. Котова Л.В., Шибут М.С., Ярмош Н.А. АОСПроект и АОСКонтроль: возможности обучения и контроля знаний // Труды четвертой международной конференции "Новые информ. технологии" НИТе'2000. Т. II - Мн. 2000, стр. 101-104.
- [4]. Липницкий С.Ф., Ярмош Н.А. Моделирование интеллектуальных процессов в инженерных информационных системах. - Мн.: Беларуская навука, 1996. - 222 с.
- [5]. Лобанов Ю.И. Персональные консультирующие системы - реальные усилители естественного интеллекта // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 1995. № 6. - С. 30-33.
- [6]. Котова Л.В., Липницкий С.Ф., Ярмош Н.А. Объяснительная функция в системе автоматизации обучения // Интеллектуальные системы/Сб. науч. трудов. Вып. 2. — Минск: Ин-т технич. киберн. НАН Беларуси, 1999. — С. 149-156.
- [7]. Федосенко М.Ю. Использование средств генерации вопросов и задач в экспертно-обучающих системах // Использование компьютерных технологий в обучении. - Киев, 1990. С. 36-40.
- [8]. Kotova L., Yarmosh N.A. Testing in Computer-Assisted Learning Systems// Interactive systems. The problems of human-computer interaction // In: Proc. of Int. Conf. IS-99 - Ulianovsk, 1999. P.86-87

ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ПРАКТИКЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Н.И. Петкевич

Республиканское научно-инженерное унитарное предприятие «Системы автоматизации», ул. Сурганова, 6, Минск, 220012, БЕЛАРУСЬ, тел. 284-19-62

Анализ поведения конструкции под действием внешних сил является основным (не считая функциональных требований) для разработки оптимальной инженерной конструкции,

обеспечения ее прочности и надежности во время эксплуатации. Достижение требуемой прочности изделия обеспечивается как конструктивно - путем выбора соответствующей