Экспертная система анализа знаний «Эксперт-ТС»

А.Б. Андреев
к.т.н., доцент, декан

А.В. Акимов
студент

Ю.Е Усачев
к.т.н., доцент

Пензенский технологический институт
E-mail: rector@.pti.ac.ru

Аннотация

В работе рассматриваются отдельные компоненты экспертной системы и организация ее работы. Приводится описание программно-методического комплекса для разработки экспертных систем «Эксперт-ТС», включающего редактор базы знаний и оболочку экспертной системы. Приводятся результаты апробации экспертной системы.

1. Введение

Новые информационные технологии обучения, активно развивающиеся в нашей стране, в частности в сфере открытого образования, предполагают более широкое использование «бесконтактных» форм взаимодействия преподавателей и студентов. Одной из таких форм является дистанционная проверка знаний обучающегося на основе систем компьютерного тестирования и телеком-муникационных технологий.

Разработанная авторами экспертная система, предназначена для организации проверки качества знаний учащихся, путем их тестирования в локальных и глобальной сетях Intranet и Internet. Экспертная система, используя адаптивный подход к организации тестирования, позволяет осуществить аттестационную проверку знаний (зачет, экзамен и т.п.). известных и неизвестных для учащегося на данный момент понятий.

Для создания экспертной системы необходимо:

- выбрать модель представления знаний об учебном материале, раскрывающем заданную тему;
- разработать базу знаний и средства ее наполнения;
- разработать экспертную систему, позволяющую на основе существующей базы знаний и ответов студентов логически выводить оценку.

2. Модель представления знаний

Любая законченная часть некоторого учебного материала, раскрывающего заданную тему, содержит совокупность знаний, позволяющую учащемуся с определенным уровнем подготовки изучить ее в заданном объеме и с заданным уровнем детализации.

Структурной единицей совокупности знаний является понятие [1]. Понятием назовем представление человека о некотором объекте или отображение этого объекта в сознании человека. В структуре совокупности знаний более сложные понятия раскрываются через более простые.

Между понятиями существует отношение определения в том смысле, что каждому понятию соответствует некоторое подмножество понятий, с помощью которых раскрывается смысл данного понятия [2]. Понятие, смысл которого раскрывается в определении, называется раскрываемым, а раскрывающие понятия, входящие в определение, называются определяющими.

В качестве модели знаний о структуре изучаемого учебного материала используем семантическую сеть [3, 4]. Базовым множеством сети является конечное множество понятий $M = \{m_1, m_2, ...m_n\}$, которое представляет учебный материал, некоторую совокупность знаний. Подмножество понятий, сущность которых раскрывается данной совокупностью знаний, обозначим через R. Подмножество понятий, с помощью которых определяется сущность некоторого раскрываемого понятия, обозначим через P.

Разбиение, задаваемое на множестве M отношением определения, приводит к получению k-подмножеств $L_0, L_1 ... L_{k-1}$, каждое из которых содержит понятие заданного уровня, т.е.

$$M = L_0 \cup L_1 \cup ... \cup L_{k-1};$$

$$\forall_j \forall_i (L_i \cap L_j) \neq 0.$$

Заметим, что нулевой уровень знаний составляют понятия, априорно известные учащемуся и не требующие определения.

Семантическая сеть содержит знания о сложности отдельных понятий и об их взаимосвязях, т.е. о структуре учебного материала. Это определяется конечным множеством S символов, называемых атрибутами, т.е.

$$S = \{R^1, P^1, L_0^1, ..., L_{k-1}^1, V^1\},$$

и конечным множеством D отношений, состоящего из отношения определения O и отношения уровня сложности Y, т.е.

$$D = \{O, Y\}.$$

Интенсионал отношений определяется следующими выражениями:

$$INT(O) = \{[R^1, DOM(R^1) = R],$$

$$[P^1, DOM(P^1) = P]\};$$

$$INT(Y) = \{[V^1, DOM(V^1) - \{L_0^1, ..., L_{k-1}^1\}],$$

$$[L_i^1, DOM(L_i^1) = L_i]\},$$

где $DOM(X) -$ множество значений атрибута X, указанного в скобках.

Экстенсионал $EXT(Z)$ отношения (Z) определяется множеством конкретных отношений между атрибутами, т.е. составляет конкретное наполнение интенсионала.

Для создания автоматизированных средств обучения необходимо, чтобы совокупность знаний была систематизированной, т.е. выполнялись бы следующие два условия:

– любое понятие должно относиться или к базовому множеству априорно известных понятий, или его сущность должна раскрываться в определении, содержащем понятия только данной совокупности;
– все множества понятий должны быть упорядочены по сложности от самого сложного, соответствующего теме совокупности знаний, до базового множества априорно известных понятий.

Как правило, совокупность знаний не является систематизированной в силу следующих причин:

– наличие противоречивости в определениях, т.е. одному понятию соответствуют два взаимоисключающих определения;
– наличие взаимного определения, т.е. сущность понятия раскрывается с помощью определения, у которого определяющее понятие имеет определение, содержащее раскрываемое понятие;
– наличие синонимов;
– наличие нераскрытых понятий, для которых в определении встречаются понятия, не принадлежащие данной совокупности знаний и не относящиеся к базовому множеству понятий.

3. База знаний экспертной системы

Знания в экспертной системе представляются в декларативной и процедурной формах [3, 4].

В декларативной форме представлена семантическая сеть. В базе знаний семантической сети содержатся:

– описание понятий;
– отношения определения между понятиями и уровень сложности;
– тестовые вопросы для каждого понятия с несколькими вариантами ответов.

Каждому понятию и варианту ответа соответствует определенный коэффициент достоверности.

В процедурной форме представлены процедуры построения дерева поиска и нахождения результата. При этом используются следующие процедуры:

– обход графа сети;
– анализ знания понятия;
– вычисление оценки и получение «фотографии знаний» [5].

4. Специализированная экспертная система

Она предназначена для анализа знаний обучающегося, а именно для определения упорядоченной совокупности известных ему понятий («фотография знаний») и вычисления общей оценки знаний.

Основная стратегия управления дедуктивным механизмом вывода – обратная цепочка рассуждений [4]. Исходная цель – доказать истинность утверждения «понятие известно» для понятия самого верхнего уровня, соответствующего анализируемой теме.

Механизм вывода реализован с использованием следующих процедур.

Процедура «Обход графа сети» позволяет устанавливать очередность анализа вершин графа (понятий), организуя поиск в глубину и в ширину. Это – процедура построения дерева поиска.

Процедура «Анализ знания понятия» позволяет выделить для анализируемого понятия все его определяющие понятия (смежные вершины графа) и путем тестирования для каждой из них определить, насколько они известны учащемуся. Степень известности задается коэффициентом достоверности, который соответствует выбранному ответу. Каждому понятию множества M взаимно однозначно

соответствует предикат X_i, принимающий значение «Истина», если понятие известно обучающемуся, и значение «Ложь» - в противном случае.

В целом, процедура реализует проверку выполнения правила

$$If\ X_1 \& X_2 \& \ldots \& X_t\ to\ X_r,$$

где X_r – предикат, соответствующий раскрываемому понятию;

$X_1, X_2, \ldots, X_t$ – предикаты, соответствующие определяющим понятиям.

Знание понятия X_r вытекает из знаний, определяющих его понятий, которые находятся путем тестирования.

Процедура вычисления оценки и получения «фотографии знаний» позволяет определить коэффициент достоверности $КД$ для раскрываемого понятия и сделать вывод о продолжении или окончании поиска. После окончания построения дерева поиска оно становится деревом вывода, по которому вычисляется $КД$ для корневой вершины (основному понятию темы). Значение этого $КД$, приведенное к 5-бальной или иной шкале, будет являться формальной оценкой знания. Висячие вершины дерева вывода будут являться «фотографией знаний».

Разработанная авторами система состоит из следующих компонентов: оболочка тестирования, редактор базы знаний, база знаний. Упрощенная структура программного комплекса на базе системы «Эксперт-ТС» представлена на рисунке 1.

Редактор базы знаний предназначен для формирования базы знаний. Результатом работы редактора является сформированная база знаний, используемая в экспертной системе. Редактор позволяет осуществлять ввод, корректировку и анализ знаний, представленных с использованием формализованной модели – семантической сети. Кроме того, используя редактор, можно посмотреть результаты тестирования.

Оболочка тестирования предназначена для организации процесса тестирования и состоит из CGI-приложения, которое находится на сервере и обрабатывает запросы приходящие от пользователей и интеллектуального пользовательского интерфейса. Пользовательский интерфейс скомпилирован в виде элемента управления Active X, который загружается пользователями по сети как объект, внедренный в HTML-документ.

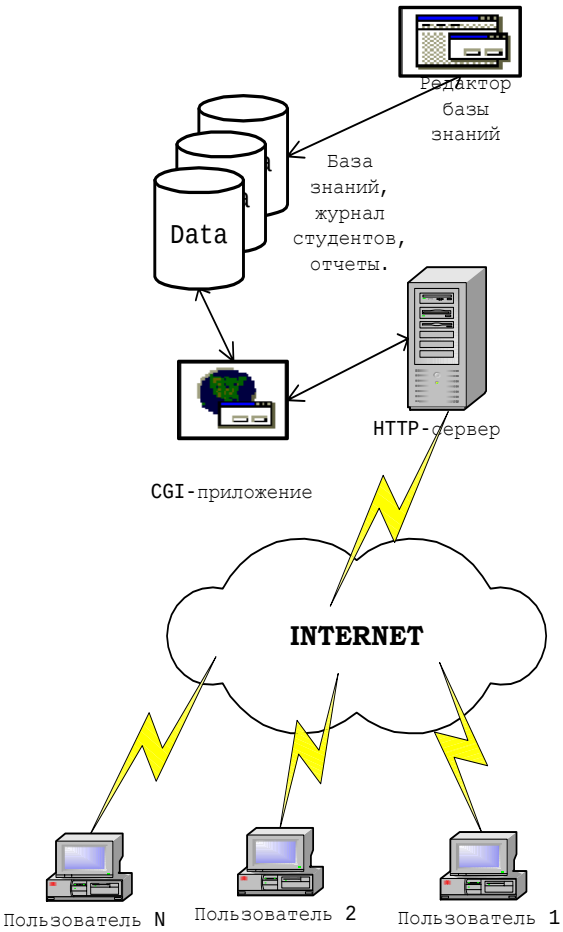

Рисунок 1. Структура системы «Эксперт-ТС».

Для уменьшения количества занятых системных ресурсов и увеличения быстродействия база знаний выделена в отдельный компонент, который должен находиться на сервере и быть доступным для CGI-приложения.

5. Пользовательские функции системы

Работа оболочки тестирования протекает по следующему сценарию:

1. Регистрация в системе. Перед тем, как начать тестирование, оболочка тестирования должна идентифицировать пользователя. Для этого ему предлагается ввести свою фамилию, имя, отчество, группу и пароль. Получив данные о пользователе, система посылает их с помощью HTTP-запроса на сервер, где проверяется наличие учетной записи о студенте и возвращается ответ (так называемый POST-запрос). После того как получен ответ с сервера система либо разрешает пользователю начать тестирование (если его учетная запись была найдена), либо сообщает о

том, что он не может начать тестирование, т.к. не зарегистрирован.

2. Вызов семантической сети. После регистрации пользователь может получить список доступных тем тестирования. Выбранная тема отсылается на сервер, где для неё из специальной базы данных выбирается семантическая сеть и пересылается пользователю. Кроме того, пользователь может установить настройки для текущего теста:
   – выбрать форму тестирования в виде экзамена или зачета. По окончанию тестирования экспертная система выставит ему оценку (экзамен) или зачет/незачет;
   – выбрать тест с ограничением времени на одно тестовое задание или без ограничения времени. Предельные значения интервалов коэффициента достоверности и время на одно тестовое задание хранятся в специальном файле настроек на сервере. Модификация файла настроек возможна как из редактора базы знаний, так и из самой оболочки тестирования. В последнем случае необходимо знать пароль администратора системы.
3. Тестирование. База знаний по выбранной теме не хранится на стороне клиента. Благодаря тому, что экспертная система настраивается на уровень знаний тестируемого, в большинстве случаев оказывается, что необходимое для проведения тестирования количество вопросов оказывается гораздо меньше, чем их общее количество в базе знаний. Во время проведения тестирования запускается механизм обхода семантической сети, с помощью которого выбирается вопрос для следующего шага.

Создание отчета и его сохранение. Цель анализа знаний – это определение уровня знаний по некоторой теме, т.е. определение того, что учащийся знает по этой теме, а что не знает. Результатом является «фотография знаний» учащегося, т.е. упорядоченный список известных ему понятий. Система «Эксперт-ТС» использует уже построенную и заполненную ею семантическую сеть для получения «фотографии знаний», по которой выставляется оценка тестируемому. «Фотография знаний» представляет собой дерево, каждому узлу которого соответствует понятие (вопрос) и коэффициент достоверности, отражающий правильность ответа. Она преобразуется и пересылается для хранения на сервер с помощью запроса PUT, который не требует ответа.

6. Апробация системы «Эксперт–ТС»

Для апробации системы был проведен следующий эксперимент. Было проведено реальное аттестационное тестирования двух параллельно учащихся групп студентов одной специальности, совместно прослушавших лекции и выполнивших одни и те же лабораторные работы. Были использованы одни и те же тестовые задания. Для первой группы использовался традиционный подход, основанный на выдаче всего множества тестовых заданий без их упорядочивания в виде семантической сети с последующим суммированием оценок отдельных тестовых заданий. Для второй группы применялся вышеописанный метод с теми же тестовыми заданиями, но упорядоченными согласно разработанной семантической сети.

В первой группе тестировались 25 студентов. Получены следующие результаты: «отлично» – 0, «хорошо» – 13, «удовлетворительно» – 12, «неудовлетворительно» – 0. Было проведено сравнение результатов обычного письменного экзамена предыдущей сессии по той же дисциплине с результатами тестирования. Оказалось, что у 13-ти студентов оценки совпали. У 6-ти студентов оценки тестирования оказались на один балл ниже, а у 4-х – на один бал выше. У двух студентов результат тестирования оказался ниже на два бала.

Во второй группе тестировались 21 студент. Получены следующие результаты: «отлично» – 2, «хорошо» – 11, «удовлетворительно» – 7, «неудовлетворительно» – 1. Также было проведено сравнение результатов обычного письменного экзамена предыдущей сессии по той же дисциплине с результатами тестирования. Оказалось, что у 11-ти студентов оценки совпали. У 6-ти студентов оценки тестирования оказались на один балл ниже, а у 3-х – на один бал выше. У одной студентки результат тестирования оказался ниже на два бала.

В процессе тестирования студенты из второй группы, за счет упорядочения контролируемых знаний в виде семантической сети и применения описанной методики вывода оценки, в среднем отвечали лишь на одну треть тестовых заданий, в то время как студенты из второй группы принципиально прошли весь тест полностью. Таким образом, вторая группа протестировалась в три раза быстрее, чем первая при хорошем совпадении результатов тестирования в обоих случаях с результатами обычного письменного экзамена.

По результатам экспериментального тестирования можно сделать следующие выводы:

1. при разработке тестов для экспертной системы необходим анализ учебного материала с его представлением в виде семантической сети, что обуславливает полноту и глубину охвата познаний темы тестирования, однако увеличивает трудоемкость составления тестовых заданий;
2. при определении средней арифметической оценки пропадает различие в оценке простых и сложных тестовых заданий; в экспертной системе это

учитывается, что приводит к более достоверному выводу оценки;

3. экспертная система показывает «провалы» в познаниях учащегося, формируя упорядоченный список неизвестных ему понятий;
4. экспертная система позволяет существенно сократить временной интервал тестирования за счет адаптации к уровню знаний учащегося во время тестирования;
5. надежность и валидность тестов определяется качеством тестовых заданий и не зависит от схемы тестирования.

7. Реализация системы

В настоящее время разработаны локальная и сетевая версии системы. Обе они реализованы на алгоритмическом языке Object Pascal в среде программирования Inprise Delphi. Для представления семантической сети используется база знаний в формате Paradox. Для функционирования экспертной системы требуется любой браузер, поддерживающий внедрение объектов, операционная система Windows 95 и младше.

Необходим компьютер, оснащенный модемом, сетевой картой или другим оконечным оборудованием, мультимедийным монитором, звуковой картой, клавиатурой, мышью. Остальные параметры не являются критичными Предполагается размещение текущей версии экспертной системы на HTTP-сервере в локальной сети и INTERNET.

8. Заключение

В настоящее время в России создается образовательная среда системы открытого образования, обязательным компонентом которой является система тестирования [6]. Большинство имеющихся систем, выявляют относительный уровень знаний [7]. Экспертная система, описанная в статье, позволяет определить, что же конкретно студент знает, а что не знает. Это позволяет организовать индивидуальную траекторию обучения и эффективную обратную связь с обучающимся.

Разработанная система в настоящее время находится в стадии опытной эксплуатации. Она позволяет совместить современные технологии в области обучения с относительно новыми INTERNET-технологиями. Эффектом от её применения должны стать:

– интенсификация процесса обучения;
– более достоверный контроль знаний учащихся по произвольной теме тестирования;
– подключение к образовательному процессу большего количества людей за счет распространения ее в WEB.

Дальнейшее развития данной системы возможно в направлении создания дополнительных функций по обучению неподготовленных учащихся.

9. Литература

[1] Фридман Л.М. Психолого-педагогические основы обучения математике в школе.- М.: Просвещение, 1983.- 160 с.

[2] Пойа Д. Как решать задачу.- Львов: изд. «Журнал Квантор», 1991.- 216 с.

[3] Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский.- СПб: Питер, 2000.- 384 с.

[4] Искусственный интеллект. В 3-х кн. Кн.2. Модели и методы: Справочник/ Под ред. Д.А. Поспелова.- М.: Радио и связь, 1980.- 304 с.

[5] Андреев А.Б. Экспертная система анализа знаний./ А.Б. Андреев, А.А. Кузнецов, В.Б. Моисеев, В.В. Усманов, Е.Ю. Усачев. // *Открытое образование*.–М.: Изд-во МЭСИ, 2001, № 2, с. 47-52.

[6] Лобачев С.Л. Новый этап развития информационно-образовательной среды открытого образования //*Материалы Всероссийской научно-технической конференции «ТЕЛЕМАТИКА'2002"(г. Санкт-Петербург, 3-6 июня 2002 г.)* - Санкт-Петербург: Из-во Санкт-Петербургского государственного институт точной механики и оптики (технический университет), 2002 –с.279-280.

[7] Самыловский А.И. Тест как объективный измерительный инструмент в образовании. // *Вопросы тестирования в образовании* – 2001, № 1, с.10-39.