

О ПРИМЕНИМОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

* Азербайджанский технический университет, Баку, Азербайджан

Анотація. У даній роботі розглянуто теоретичні та практичні засади побудови експертної системи, реалізованої у розподіленому середовищі. Розглянуті та запропоновані рішення до більшості ключових питань щодо математичного проектування якісних елементів експертної системи навчального призначення. Отримані можливість інтеграції елементів експертної системи в навчальний процес, можливість накопичення і розвитку бази даних, а також нарощування бази знань, побудованої на достатньо потужних і гнучких правилах.

Ключові слова: блок прийняття рішень, алгоритмічна модель, інтерфейс користувача, база знань, коефіцієнти визначеності, експертна система, евристичні правила.

Аннотация. В данной работе рассмотрены теоретические и практические основы построения экспертной системы, реализованной в распределённой среде. Рассмотрены и предложены решения по большинству ключевых вопросов, касающихся математического проектирования качественных элементов экспертной системы учебного назначения. Получены возможность интеграции элементов экспертной системы в учебный процесс, возможность накопления и развития базы данных, а также наращивания базы знаний, построенной на достаточно мощных и гибких правилах.

Ключевые слова: блок принятия решений, алгоритмическая модель, интерфейс пользователя, база знаний, коэффициенты определённости, экспертная система, эвристические правила.

Abstract. Theoretical and practical bases of an expert system construction implemented in a distributed environment were regarded in this paper. Solutions of most key issues relating to design of high-quality mathematical elements of an expert system of educational purposes were regarded and suggested. There were received an opportunity to integrate the elements of an expert system in educational process, the possibility of accumulation and development database, as well as accumulation knowledge base which was built on a sufficiently powerful and flexible rules.

Keywords: decision-making block, algorithmic model, user interface, knowledge base, determination coefficient, expert system, heuristic rules.

1. Введение

В настоящее время существуют компьютерные учебные системы, которые в той или иной форме содержат отдельные компоненты экспертных систем. В большинстве случаев данные технологии применяются в качестве поиска приёмов, которые дали бы максимально близкую корреляцию с оценкой, выданной преподавателем, и соответственно связаны с усовершенствованием блока обработки и определения оценки по результатам тестирования. В данной работе предложена методология проектирования компонентов экспертной системы как комплекса технологии наиболее применимых в задачах автоматизации сложных нелинейных процессов, позволяющих разработать на её базе интеллектуальную среду учебного назначения.

2. Проектирование учебной среды

Одной из главных проблем является проектирование учебной среды, способной полноценно функционировать при минимальном участии преподавателя и при этом обеспечивать надлежащий контроль учебного процесса [1].

Структура экспертной системы включает в себя четыре основных элемента: блок принятия решений, базу знаний, базу данных и интерфейс взаимодействия с внешней средой.

- Блок принятия решений (БПР) является ядром, придающим интеллектуальность всей системе. Принципы функционирования БПР обеспечивают применимость системы в целом в решении поставленной задачи. Все остальные элементы исполняют вспомогательную роль [2].

- В базе знаний содержатся функции, управляющие реакцией БПР на возникающие в процессе работы события и представляют собой алгоритмическую модель принятия решений экспертами в данной области знаний. Функции, управляющие реакцией, алгоритмируются в виде нечётких правил, которые относительно просто редактируются в соответствии с прикладной спецификой. Логистика информационных потоков БПР во многом зависит от функций реакций на события [3].

- База данных является хранилищем информации любого формата, относящейся к данной теме в настоящий момент.

- Интерфейс пользователя – это способ взаимодействия между пользователем и системой. В мощных системах пользователю предоставляется возможность задавать вопросы и получать ответы на обычном языке, однако разработка такой системы – довольно сложная задача, проще создать систему, в которой вопросы и ответы выбираются из заданного списка.

База знаний содержит известные факты, выраженные в виде объектов и условий. Помимо описательных представлений о действительности, она включает выражения неопределённости – ограничения на достоверность факта [4].

В этом отношении она отличается от традиционной базы данных вследствие своего символического, а не числового или буквенного содержания. При обработке информации базы данных используются заранее определённые логические правила. Соответственно, база знаний, представляющая более высокий уровень абстракции, имеет дело с классами объектов, а не с самими объектами.

Центральной составляющей экспертной системы является механизм, осуществляющий поиск в базе знаний по правилам рациональной логики для получения решений [5]. Эта компонента активизируется при получении запроса пользователя и выполняет следующие задачи:

- сравнивает информацию, содержащуюся в запросе пользователя, с информацией базы знаний;

- производит поиск определённой цели или причинные связи;
- оценивает относительную определённость факторов, основываясь на соответствующих коэффициентах доверия, связанных с каждым фактором.

Следующий компонент экспертной системы – уровень доверия. В базу знаний поступают факты. Связь между фактами представлена эвристическими правилами – выражениями декларативного знания об отношениях между объектами [6]. Каждое такое правило имеет составляющую «если» (предпосылку) и компонент «то» (заключение), которые определяют прямую и обратную причинно-следственные связи. Рассмотрим пример.

Факт: «Если студент решил все задачи, то он получит 5».

Предпосылка: «Если студент получил 5, то он решил все задачи».

Действительные утверждения только вероятны, то есть степень их определённости не всегда абсолютна. Такие утверждения относительной уверенности часто основываются на статистических, вероятностных или просто субъективных предпосылках [7]. Общепринятая шкала и шкала, используемая в системе учебного назначения, варьируются от 0 до 100 – уровень доверия высшей степени.

Разделим обобщённую проблему на ряд подзадач.

- Представление фактов в базе знаний. База знаний состоит из фактов и правил. Факты описывают то, что известно о предметной области в данный момент. Правила устанавливают ситуационные, концептуальные, причинные или прецедентные взаимосвязи между этими фактами [8]. Представим факты, определяя объекты, описывая их атрибуты и придавая им эквиваленты или значения. Под словом «объект» подразумевается как физический предмет (например, «оценка» или «количество посещений»), так и общие представления («хорошо» или «отличник») [9]. С объектами связываются атрибуты, по которым и активизируются объекты в системе (например, «неудовлетворительная оценка», «прогул»). Для упорядочивания выражений фактов объединяем их в пары «объект – значение», соединив имя объекта с именем атрибута. Для представления объектов в базе знаний используются цепные списки. Каждая единица этого списка называется узлом и содержит поля, в которые заносится информация об объекте. Одно из полей служит указателем, сообщаящим системе, где искать следующий узел списка. Кроме того, каждый узел в списке объектов имеет указатель на список значений, связанных с именем данного объекта.

- Коэффициенты определённости. Поскольку не все знания строго определены, экспертная система должна иметь средства обработки различной степени доверия в заданных выражениях фактов. Это особо значимо, так как субъективные утверждения склонны к абсолютности.

- Правила экспертной системы. Экспертная система обрабатывает символическое представление реальности с помощью эвристических правил и метода обратной цепочки.

В этом методе консультация (совет) начинается с определённой конкретной цели или конечного результата [10]. Этот подход противоположен методу прямой цепочки, где рассуждение начинается с определения проблемы. Правило состоит из двух частей: предпосылки и заключения. Как предпосылка, так и заключение являются фактами базы знаний, выраженными парами «объект – значение». В нашей системе правила имеют следующий формат [11]:

Если ПРЕДПОСЫЛКА, то ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Его смысл в том, что если верна предпосылка, то верно и заключение. Эти простые отношения «если-то» представляют узлы решения, по которым машина вывода продвигается к поставленной цели. Правило может включать в себя булевский оператор «И» для образования более сложных выражений [12].

- Поиск решения – решатель. База знаний представляет описание предметной области экспертной системы. Решатель является интерпретатором правил, который использует факты этой базы знаний для решения поставленных проблем. Она осуществляет это путём формулирования пробных гипотез и проверки их на соответствие указанной цели. Оператор задаёт цель консультации в виде имени объекта. Решатель использует набор правил, пытаясь получить значение указанного объекта-цели. Система продолжает поиск до тех пор, пока одно из предполагаемых решений не окажется верным.

- Постановка конечных целей. Прежде всего, нужно определить отдалённую, конечную цель – какой результат ожидаем получить, когда экспертная система решит проблему. Цель должна выражать действие или событие, отображающее воздействие экспертной системы на общий ход событий. На этом уровне описания степень неопределённости может быть достаточно большой.

- Определение промежуточных целей. Для каждой конечной цели система может иметь ряд промежуточных целей-действий или частных проблемы. Бывают цели, достижение которых приводит к достижениям конечных целей. На этом уровне цели тоже выражаются как действия или события, но их неопределённость намеренно сокращается. Когда определены промежуточные цели, проблема распадается на подзадачи. Каждая цель пред-

ставляет предполагаемый результат, предлагаемый программой при решении частной проблемы. Кроме установления желаемых результатов решения проблемы, промежуточная цель выполняет и другую важную функцию вследствие своей специфической проблемы: она может потребовать для своего решения отдельных или изолированных систем знаний [13].

- Определение проблем. После того, как специалисты (преподаватели) по знаниям определили цели экспертной системы, становятся достаточно очевидными типы проблем, которые предстоит решать, и способ подхода системы к их решению.

- Извлечение знаний. После определения целей и задач системы группа разработчиков сталкивается с проблемой эффективного извлечения экспертных знаний. Наиболее очевидным методом является простой опрос. Интервьюированные эксперты или получение знаний из справочников – это прямой путь, однако он отнимет слишком много времени. Использование аналогий или моделей может значительно сократить эту работу. Вот один из вариантов: собрать файл экспертных решений, связанных с проблемами в рассматриваемой предметной области, затем проанализировать главные правила, на которых основываются эти экспертные решения. Третий источник информации – прямое наблюдение или экспериментирование. Классический способ извлечения экспертных знаний заключается в том, чтобы пройти через все стадии процесса экспертизы, наблюдая, как в том или ином случае поступает эксперт (преподаватель).

3. Применение экспертных систем в учебном процессе

Качество обучающей системы напрямую зависит от точного определения характеристик студента по нескольким ключевым показателям: результаты по текущему материалу, усвоение предыдущего, текущее морально-психологическое состояние студента.

Проблема выбора дальнейших действий решается экспертной системой на основе этих показателей. Это может быть как продолжение преподавания нового материала, вопрос из предыдущих пройденных вопросов, так и окончание обучения.

Электронный каталог тестируемого студента хранит все данные по его способностям, график прохождения тестов и т.д. Кроме этого, в папке также хранятся личные данные студента.

В процессе работы с программой студент может не только тестировать свои знания, но и обучаться. Это достигается не только способом, которым задаётся вопрос, но и наличием у каждого вопроса комментариев и объяснений, данных преподавателем [14]. Доступ к Интернету позволит студенту обращаться за информацией в любую точку мира, в лучшие библиотеки, архивы, поисковики и т.д.

По достижении стабильных результатов в вопросах определённой группы студент может перейти на следующий уровень сложности вопросов. Этот переход даст возможность студенту не останавливаться на достигнутых результатах, а развиваться дальше.

Ступенчатость в обучении даст необходимое время для полного усвоения и закрепления материала, а затем осуществить переход уже к новому, более сложному материалу. Каждый переход сопровождается небольшим тестом по предыдущему материалу с анализом его усвоения.

К настоящему моменту проделаны работы по обучению и тестированию одновременно группы студентов. Общие папки создаются по конкретной тематике или предмету, который ведёт педагог. При помощи этих общих папок педагог может давать задания и упражнения сразу группе студентов, а также проверять их решения и результаты. Структура общих папок позволяет упростить работу с группами студентов, а доступ к рабочему каталогу каждого студента предоставляет преподавателю возможность заниматься индивидуально. То же самое происходит и при рекомендации повторного прохождения курса и в более детальном разборе ошибок, чем это было сделано в общих каталогах, и т.д. Систе-

ма позволяет преподавателю добавлять и редактировать свои материалы, вносить коррективы в соответствии с последними достижениями науки и культуры.

4. Функциональное проектирование системы контроля знаний

Одним из перспективных способов повышения эффективности функционирования систем технического контроля знаний является применение комплексных интеллектуальных компьютерных технологий, а именно систем, основанных на разнородных знаниях гибридных экспертных систем (ЭС). В гибридных ЭС представлены разные виды знаний как концептуальные, экспертные, фактографические, так и соответствующие разные методы их обработки.

Главная задача при разработке гибридных систем состоит в том, как наилучшим образом сочетать разные формы представления и методы обработки знаний в процессе принятия решений ЭС, то есть актуальной задачей является исследование возможностей оптимального соединения разных механизмов обработки знаний с целью повышения качества, мобильности и эффективности ЭС при решении задач и контроля знаний в условиях неопределённости.

Мобильность ЭС обусловлена мобильностью баз знаний (БЗ) и возможностью её пополнения из разных информационных составляющих (БД, баз экспертных знаний (БЭЗ), баз концептуальных знаний (БКЗ), динамических файлов и т.д.), а также различными процедурами вывода. Конкретизация знаний при решении задач декомпозирует их на точные и неточные, полные и неполные, статические и динамические, однозначные и многозначные и т.д. Кроме того, сами экспертные знания неточны в силу их субъективного характера. Приблизительность и многозначность знаний приводят к тому, что ЭС имеет дело как бы не с одной, а с несколькими альтернативными областями. Поэтому неполнота знаний позволяет использовать не один, а несколько источников знаний [15].

Применение нечёткой логики гибридной ЭС контроля знаний может иметь, по крайней мере, три реализации: 1) обработка нечёткостей высказываний экспертов, то есть когда предпосылка имеет нечёткие переменные, а машина вывода – механизм извлечения данных из них; 2) использование матрицы нечётких отношений, определяющей множество факторов и множество предпосылок. Матрица содержит нечёткие переменные отношения, мера которых представляется в виде вещественного числа $[0, 1]$, а чтобы определить причины состояния, производится преобразование матрицы и факторов к виду уравнений нечётких отношений, а затем полученную систему решают методом композиции минимума-максимума; 3) использование нечётких выводов. Данный подход наиболее часто используется при построении нечётких баз знаний [16].

Применение нечётких гибридных ЭС для решения задач и контроля параметров знаний расширяет возможности такого класса интеллектуальных систем, повышает их гибкость и мобильность, позволяет при равных вычислительных ресурсах ЭВМ проводить экспертную оценку большего количества вариантов, повышая достоверность и точность оценки полученных результатов.

В данной работе рассматриваются основные принципы построения нейронечёткой гибридной ЭС с разнородными знаниями и анализируется её функционирование в условиях неопределённости ряда параметров объекта контроля (знаний) с учётом применения в качестве динамической базы знаний комбинированных моделей НС.

В гибридной нейронечёткой ЭС эталонная модель (ЭМ) знаний хранится в БЗ и уточняется в процессе приобретения новых знаний. Реальная модель формируется в среде БД, а связь с ЭМ осуществляется через запросы пользователя. Решение задачи по построению интеллектуальной системы контроля качества знаний на базе гибридной ЭС производилось с учётом особенностей среды ЭС.

Гибридная ЭС состоит из следующих функциональных частей: база данных, в которой хранятся эталонные и фактические данные о процессе, результаты их сравнения, концептуальная, инфологическая и физические модели знаний; база знаний (БЗ): статическая (знания хранятся в виде экспертных знаний (продукции)), а также формул, фактов, зависимостей, таблиц, понятий конкретной предметной области); динамическая (знания хранятся комбинированными моделями НС в виде эталонных динамических процессов с учётом частичной или полной неопределённости параметров контролирования); механизм логического вывода, основанный на алгоритме порождения причинно-следственной сети событий функционально-структурной модели; механизм адаптации, координирующий работу баз данных (БД) и БЗ в процессе логического вывода зависимости от сложившейся ситуации; механизм объяснения, который представляет собой интерпретацию процесса логического вывода; планировщик, координирующий процесс решения задачи; решатель, позволяющий находить эффективные решения прямой, обратной и смешанной постановок задач.

Содержание, форма и алгоритмы представления информации гибридной ЭС имеют возможность варьирования зависимости от сложности моделируемой ситуации, специфики и индивидуальных особенностей пользователя.

Пользователь-эксперт представляет экспертные знания в виде наборов примеров. Внутренняя форма представления экспертных знаний – дерево вывода [17]. Набор примеров описывается при помощи атрибутов и содержит примеры одинаковой структуры, определяемой его атрибутами, которые могут быть связаны логическими переходами. В этом случае соответствующие деревья вывода объединяются таким образом, что на терминальную вершину одного дерева добавляется другое дерево.

Вычислительная модель ЭС и БД при решении задач в условиях неопределённости задаётся в обобщённом виде:

$$W = \langle A, D, B, F, H \rangle ,$$

где A – множество атрибутов БД и БЗ; D – домены (значения атрибутов БД и БЗ); B – множество функциональных зависимостей, определённых над атрибутами; F – множество описаний типов всех используемых в B функциональных зависимостей; H – совокупность нечётких отношений над множеством атрибутов A .

Необходимо учитывать следующее: в каждой гибридной ЭС свои определённые требования к форме представления знаний, а так как они различны (фреймы, семантические сети, БД, понятия в БЗ ЭС, нейросети, нечёткая логика, генетические алгоритмы), то, даже в рамках единого информационного пространства в гибридной ЭС, объединить разные знания достаточно сложно. Так, например, в гибридной ЭС разнородные знания хранятся статической ЭС, а динамические знания о состоянии знаний – нейронными сетями.

Современные информационные компьютерные технологии (на основе подхода OLE-технологий) позволяют легко обмениваться разнородными знаниями в рамках единого информационного пространства гибридной нейронечёткой ЭС.

В заключение следует отметить, что рассмотренный в работе подход к построению интеллектуальной системы контроля и знаний на базе гибридной ЭС [18], функционирующей в условиях неопределённости, позволяет:

- активно применять разнородные знания (концептуальные, конструктивные, процедурные, фактографические, базы правил с функциями принадлежностей, правила и нечёткие правила БД, БЗ, БЭЗ, процедуры) с комбинацией механизмов вывода для эффективного решения задач определения знаний студента;
- обобщить и усовершенствовать концептуальную модель представления разнородных знаний в среде реляционной БД (Access, FoxPro и Informix), управляемой СУБД и взаимодействующей с ядром гибридной ЭС;

- эффективно решать задачи оптимизации и распределения информационных потоков по отдельным подсистемам ЭС с разнородными знаниями в условиях неопределённости.

Методика построения разнородных знаний гибридной нейронечёткой ЭС для контроля знаний студента в условиях неопределённости включает следующие этапы:

- формализация предметной области (разработка концептуальной модели);
- описание модели знаний в виде отдельных понятий (знаний) в БЗ;
- формирование БЗ с базой правил в качестве управляющей компоненты интеллектуального ядра;

- описание разнородных сведений по контролю знаний студента в отдельных подсистемах гибридной ЭС (БД, БЗ, экспертная БЗ, графическая БД, расчётные файлы);

- выбор модели НС и правила обучения;
- разработка программной части нечёткой логики;
- распределение информационных потоков между ЭС и её отдельными подсистемами;

- тестирование отдельных подсистем ЭС с разнородными знаниями;
- тестирование гибридной нейронечёткой ЭС.

Предложенный основополагающий принцип построения подобных систем, которые могут быть применены практически при любой модели обучения, и разработка индивидуального плана студента являются технической задачей выборки учебных курсов конкретной специальности, по которым обучаемый показал недостаточный уровень знаний.

5. Заключение

Целью этой работы является разработка правил, знаний и алгоритмов, которые позволят реально перевести большую часть учебного процесса в компьютерную среду. Заложенная в системе возможность редактирования и наращивания базы знаний будет способствовать своевременной корректировке правил и фактов, управляющих процессом обучения. Все описанное выше говорит о мощности и гибкости алгоритмов и функций, заложенных в экспертной системе и позволяющих проектировать на её базе современные учебные комплексы нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bouchon-Meunier B. Fuzzy Logic and Soft Computing (Advances in Fuzzy Systems: Application and Theory) / B. Bouchon-Meunier, R.R. Yager. – World Scientific, 1995. – P. 84 – 93, 103 – 119.
2. Gorbunova L.G. On the realization of the rating system in pedagogical high schools / L.G. Gorbunova // Proceedings of 2 International Technical Conference “University Education”. – Penza, 1998, Part 1. – P. 105 – 106.
3. Hanss M. Applied Fuzzy Arithmetic: An Introduction with Engineering Applications / Hanss M. – Springer, 1 ed., 2004. – P. 100 – 116, 139 – 147.
4. Roger Jang J.S. Neuro-Fuzzy Modeling and Control / J.S. Roger Jang, C.T. Sun // J.S.R. Proceedings of the IEEE. – 1995. – Vol. 83 (3). – P. 378 – 406.
5. Laurene V.F. Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications / Laurene V.F. – Prentice Hall, US ed., 1993. – P. 103 – 121.
6. Nikravesh M. Soft Computing and Intelligent data analysis in oil exploration / Nikravesh M., Aminzadeh F., Zadeh L.A. – Springer, 1 ed., 2003. – P. 273 – 287.
7. Nikravesh M. Soft Computing for Information Processing and Analysis / Nikravesh M., Zadeh L.A., Kacprzyk J. – Springer, 1 ed., 2005. – P. 93 – 99.
8. Yager R. Essentials of fuzzy modeling and control / R. Yager, D. Filev. – New York: John Wiley and Sons, 1994. – P. 24 – 39.
9. Zadeh L.A. A new approach to the analysis of difficulty systems and decision processes / Zadeh L.A. – Mathematics Today: Knowledge, 1974. – P. 23 – 37.

10. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers by Lotfi A. Zadeh / Zadeh L.A., Klir G.J., Yuan B. – Wiley-Interscience; First edition, 1996. – P. 60 – 69.
11. Zadeh L.A. Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty / L.A. Zadeh, J. Kacprzyk. – Wiley-Interscience; First Printing edition, 1992. – P. 75 – 84.
12. Shahbazova Sh.N. Development of the Knowledge Base Learning System for Distance Education / Sh.N. Shahbazova // International Journal of Intelligent System. – 2012. – Vol. 27, N 4. – P. 343 – 354.
13. Shahbazova Sh.N. Applied research in the field of automation of Learning and knowledge control / Shahbazova Sh.N. – SPRINGER Series Title: Studies in Fuzziness and Soft Computing, “Soft Computing: State of the Art Theory and Novel Application”, 2012. – June. – P. 223 – 240.
14. Shahbazova Sh.N. Designing the structure of a physical model of an integrated database / Sh.N. Shahbazova // Proc. of the Academy of Sciences of Azerbaijan, Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences. – 1997. – Vol. XV, N 6. – P. 104 – 107.
15. Shahbazova Sh. A Network-Based Intellectual Information System for Learning and Testing / Sh. Shahbazova, B. Freisleben // Fourth International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing. – Siegen, Germany, 2000. – P. 308 – 313.
16. Shahbazova Sh.N. Application of Fuzzy Sets for Control of Student Knowledge / Sh.N. Shahbazova // Special Issue on Fuzzy Set Theory and Applications. Applied and Computational Mathematics, An International Journal. – 2011. – Vol. 10, N 1. – P. 195 – 208.
17. Shahbazova Sh.N. Study of the use of fuzzy logic in the process of training and testing / Sh.N. Shahbazova // 47th Educational and methodical, scientific and technical conference of AzTU. – 2001. – P. 168 – 172.
18. Shahbazova Sh.N. Creation of intelligent information systems training and testing / Shahbazova Sh.N. // Proc. of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, a series of physical and technical and Mathematical Sciences: IT and management problems. – 2001. – N 3. – P. 91 – 95.

Стаття надійшла до редакції 30.05.2013