

Построение баз знаний экспертных систем как вид учебной деятельности

Ирина Николаевна Пустынникова^{*}, Виктория Сергеевна Голдина[‡],
Анастасия Игоревна Каплун[#], Ольга Николаевна Панченко[¶]
Кафедра общей физики и дидактики физики, Донецкий национальный
университет, ул. Университетская, 24, г. Донецк, 83001, Украина
irina1070pin@mail.ru^{*}, +380956487343^{*}, vika-pobeda-dv@mail.ru[‡],
+380951061303[‡], vika-pobeda-dv@mail.ru[#], +380999815548[#],
olchitaichik.olya@yandex.ru[¶], +380668552856[¶]

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению различных способов использования экспертных систем при подготовке будущих преподавателей. Приведен алгоритм составления планирующей экспертной системы и примеры его применения для построения различных баз знаний.

Цель: провести теоретический анализ использования оболочки BESS при подготовке преподавателей.

Задачи: 1) проанализировать способы использования экспертных систем при подготовке преподавателей; 2) рассмотреть возможность диагностики знаний и умений студентов при построении баз знаний экспертных систем.

Объект исследования: процесс обучения студентов в вузе с применением экспертных систем.

Предмет исследования: особенности использования оболочки BESS при подготовке преподавателей.

Методы исследования: анализ литературы, посвященной проблемам использования экспертных систем в обучении.

Результаты: доказана эффективность использования оболочки BESS при подготовке преподавателей.

Выводы: рассмотрено использование построения баз знаний экспертных систем для диагностики знаний и умений студентов, способствующее лучшему усвоению студентами учебного материала.

Ключевые слова: экспертная система; учебная деятельность; диагностика знаний и умений студентов.

I. N. Pustynnikova, V. S. Goldina, A. I. Kaplun, O. N. Panchenko.
Building a knowledge base of expert systems as a kind of educational activity

Abstract. The article discusses different ways to use expert systems in preparation of future teachers. An algorithm of building of planning expert

system and examples of its application for the construction of various knowledge bases are proposed.

Purpose: To conduct a theoretical analysis of the use of program shell BESS in teacher training.

Objectives: 1) to analyze ways of expert systems usage in teacher training; 2) to consider the possibility of diagnosis of knowledge and skills of students in constructing knowledge bases of expert systems.

Object of research: the process of teaching students in higher education with the application of expert systems.

Subject of research: specifics of using program shell BESS in teacher training.

Methods of research: analysis of the literature devoted to usage of expert systems in education.

Results: the effectiveness of using program shell BESS in teacher training is proven.

Conclusions: the use of building knowledge bases of expert systems for diagnosis of knowledge and skills of students contributing to students better learning.

Keywords: expert system, educational activity, the diagnostics of knowledge and skills of students.

Affiliation: Department of general physics and didactics of physics, Donetsk National University, 24, Universitetskaya str., Donetsk, 83001, Ukraine.

E-mail: irina1070pin@mail.ru*, vika-pobeda-dv@mail.ru^{##}, olchitaichik.olya@yandex.ru[†]; phone: +380956487343*, +380951061303[‡], +380999815548[#], +380668552856[¶]

Под экспертной системой (ЭС) понимают интеллектуальную программу для ЭВМ, которая: а) решает класс сложных практически значимых задач в некоторой, как правило, плохо формализуемой предметной области на базе знаний, полученных от человека-эксперта; б) демонстрирует качество решения, не уступающее решениям экспертов; в) обладает способностью объяснять (обосновывать) процесс получения своего решения [4, с. 23].

При построении экспертных обучающих систем (ЭОС) возможно использование как языков программирования, так и пустых оболочек экспертных систем. Последний способ является более продуктивным, поскольку практически не требует специального обучения программированию [5].

Мы выбрали в качестве используемой оболочки BESS (Bayes Expert System Shell). Она проста в обращении, а также допускает отторжение

созданной ЭОС от shell-среды. Решения в данной экспертной системе принимаются на основе теоремы Байеса [4]. Байесовский метод принятия решений имеет строгое математическое обоснование и на его основе возможна реализация механизма вывода, позволяющего решать задачи, имеющие важное значение в обучении: диагностики, тестирования, планирования. Эти задачи характеризуются необходимостью учета неопределенности ответов обучаемых.

При использовании инструментальной системы BESS создание ЭС заключается, по сути дела, в создании базы знаний (БЗ), состоящей из знаний о гипотезах (некоторых событиях, явлениях) и знаний о симптомах (признаках, которые характеризуют гипотезы).

Для оценки влияния симптома S на гипотезу H необходимо означить этот симптом, например, спросив у пользователя имеет ли место событие S . Симптомы означиваются в порядке их следования и вычисляется новое значение вероятности гипотезы.

Экспертными знаниями являются знания об априорных (изначальных) вероятностях гипотез, а также знание вероятностей подтверждения и опровержения гипотезы симптомом. Вероятность подтверждения характеризует степень участия симптома в данной гипотезе (например, вероятность высокой температуры (S) при заболевании гриппом (H)). Вероятность опровержения характеризует степень участия симптома в других гипотезах (продолжая предыдущий пример, это вероятность высокой температуры, если пациент болен не гриппом).

Применительно к обучению, диагностика предполагает выявление разделов или отдельных понятий / умений учебной дисциплины, владение которыми со стороны обучаемого неудовлетворительно [4].

Системы, которые вырабатывают планы действий для достижения поставленных целей, называют планирующими системами. При использовании готовой планирующей ЭС с целью диагностики знаний преподаватель сообщает студентам различные гипотезы, которые являются целью планирования.

Задача студентов заключается в том, чтобы отвечая на вопросы, предлагаемые ЭС, добиться совпадения «предписания», выдаваемого ЭС в конце работы, с гипотезой, заданной преподавателем. Если это удалось, то, значит, студент знает, какие признаки (симптомы) характеризуют данную гипотезу, если нет – то, используя подсистему объяснения, обучаемый может самостоятельно определить, где он ошибся, и при повторной работе с системой успешно справиться с заданием.

Для построения планирующей ЭС предлагается следующий алгоритм формирования БЗ [1]:

1. Определить явления (гипотезы), которые надо описать, объяснить.
2. Составить текст предписания для каждой гипотезы.
3. Определить свойства (симптомы), которые характеризуют данные явления (гипотезы).
4. Составить таблицу соответствия «гипотезы – симптомы».
5. Продумать тексты вопросов, отвечая на которые пользователь означает симптомы.
6. Проверить возможность дифференциации каждой гипотезы с помощью данного набора симптомов (в случае невозможности дифференциации вернуться к п. 2).
7. Определить априорные вероятности гипотез (экспертные знания).
8. Определить вероятности подтверждения и опровержения гипотез симптомами (экспертные знания).
9. Создать БЗ, используя оболочку ЭС.

ЭС могут выступать как инструмент обучения путем составления студентами БЗ ЭС. При этом диагностика знаний / умений учащихся осуществляется по тем вопросам, которые они составляют при разработке БЗ. В этом случае студент занимает активную позицию, выступая в роли инженера по знаниям (инженера-когнитолога, аналитика). По сути дела, речь идет о новом виде учебной деятельности, новой технологии обучения.

При построении ЭС одним из основных моментов является составление вопросов, при ответе на которые означиваются симптомы. В качестве центральной идеи при обучении путем составления БЗ нами используется идея о диалоге как средстве познания и о ведущей роли вопросов в диалоге. Вопрос представляет собой форму движения мысли, в нем ярко выражен момент перехода от незнания к знанию, от неполного, неточного знания к более полному и более точному знанию [2].

Диагностика по вопросам и заданиям, которые сконструированы самим студентом, позволяет проверить не просто формальное знание материала студентами, но и степень его понимания, что определяется по качеству созданной БЗ. Преподаватель может это проверить, протестировав БЗ, предложенную обучаемым. В случае неадекватности реакции системы, преподаватель помогает студенту увидеть, где его знания ошибочны либо не совсем точны, и скорректировать их. В случае адекватности реакции системы БЗ может в дальнейшем использоваться для диагностики знаний обучаемых, которые уже будут выполнять роль не разработчика, а пользователя ЭС. В этом случае диагностика осуществляется по ответам обучаемого.

Рассмотрим, например, создание базы знаний «Свойства функций», используя приведенный выше алгоритм.

В качестве гипотез примем следующие функции:

$$H_1: y = kx + b, \text{ где } k > 0, b \neq 0;$$

$$H_2: y = k/x, \text{ где } k > 0;$$

$$H_3: y = kx^2, \text{ где } k > 0;$$

$$H_4: y = kx^3, \text{ где } k > 0;$$

$$H_5: y = \operatorname{tg} x.$$

Текст предписания по гипотезе содержит название соответствующей ей функции (например, текст предписания по гипотезе H_3 : «Вы рассматриваете функцию $y = kx^2$, где $k > 0$ »).

Попробуем определить свойства этих функций так, чтобы экспертная система смогла разграничить выбранные гипотезы с помощью данного набора свойств (симптомов).

Выберем следующие 5 симптомов для построения базы знаний: S_1 – область определения; S_2 – область значений; S_3 – периодичность; S_4 – четность; S_5 – нечетность.

Ниже приведены тексты вопросов о значении соответствующих симптомов:

1. R – область определения этой функции?
2. R – область значений этой функции?
3. Функция периодична?
4. Функция четна?
5. Функция нечетна?

Для определения вероятности подтверждения и опровержения гипотезы данным симптомом составим таблицу соответствия между гипотезами и симптомами (табл. 1), в которой «+» означает ответ «да» на выше приведенные вопросы по значению симптома, а «-» – «нет».

Таблица 1

Соответствие «гипотезы–симптомы» в предметной области «Свойства функций»

$H_i \backslash S_j$	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
S_1	+	-	+	+	-
S_2	+	-	-	+	+
S_3	-	-	-	-	+
S_4	-	-	+	-	-
S_5	-	+	-	+	+

Как видим, каждой гипотезе соответствует определенный (свой) набор ответов. Первый вопрос позволил выделить две группы гипотез: (H_1, H_3, H_4) и (H_2, H_5) . Попробуем их разграничить с помощью второго

вопроса. Строка S_2 показывает, что ответ на второй вопрос позволяет разделить H_2 и H_5 , а также выделить гипотезу H_3 . Осталось найти признак (симптом, свойство функции), позволяющий разделить гипотезы H_1 и H_4 . Ни симптом S_3 , ни симптом S_4 не позволяют этого сделать. И лишь при означивании симптома S_5 удастся окончательно разграничить (дифференцировать) весь набор гипотез. Таким образом, для построения БЗ ЭС достаточно использовать симптомы S_1 , S_2 и S_5 . Проанализировав таблицу, заметим, что набор симптомов, позволяющих дифференцировать (разграничить) все гипотезы (достаточный для построения БЗ ЭС), мог оказаться иным (например, S_2 , S_3 , S_5 или S_1 , S_3 , S_4 , S_5). Если же целью является не построение БЗ ЭС, а диагностика знаний студента (организация учебной деятельности по математике), то в БЗ (и в таблицу соответствия) должны быть включены не только симптомы $S_1 - S_5$, но и симптомы, связанные с другими свойствами этих функций (монотонность, наличие экстремумов и т.д.).

Задание любой из этих функций в качестве цели планирования равновозможно, поэтому априорные вероятности гипотез $P(H_i) = 1 / 5 = 0,2$ ($i = 1, \dots, 5$). Вероятности подтверждения гипотез различными симптомами равняются либо 0, либо 1. Если в табл. 1 стоит «+», то вероятность подтверждения гипотезы симптомом равна 1, если «-», то - 0.

Для нахождения вероятности опровержения гипотезы симптомом необходимо определить N – количество знаков плюс в строке S_j и, если вероятность подтверждения равна 0, то вычислить вероятность опровержения по формуле

$$p^- = N / (k - 1), \quad (1)$$

где k – общее количество гипотез;

если вероятность подтверждения равна 1, то вычислить вероятность опровержения по формуле

$$p^- = (N - 1) / (k - 1). \quad (2)$$

Например, вероятность подтверждения гипотезы H_3 симптомом S_1 $p_3^+(S_1) = 1$, а вероятность опровержения гипотезы H_3 симптомом S_1 $p_3^-(S_1) = 2/4 = 0,5$. Аналогично определяются вероятности подтверждения и опровержения остальных гипотез всеми симптомами.

По окончании сеанса экспертизы система выдает предписание, которое определяет вид функции. Это должна быть либо функция, заданная преподавателем, либо функция, выбранная самим обучаемым до начала сеанса экспертизы. Подсистема объяснения позволяет пользователю узнать, каким образом система приняла это решение.

Рассмотрим пример составления базы знаний «Движение физических объектов», используя приведенный выше алгоритм.

В ролі гіпотез прийняті такі види об'єктів: H_1 – дом стоїть вздовж дороги; H_2 – рух стрілки годинника; H_3 – рух кабіни колеса обертання; H_4 – рух гілки дерева в вітряну погоду; H_5 – рух голки швейної машини.

Їх визначають в загальній сукупності 5 симптомів, які є ознаками цих видів руху:

- S_1 – визначення поступального руху;
- S_2 – періодичність;
- S_3 – середня швидкість;
- S_4 – прискорення;
- S_5 – прямолінійність.

Нижче наведено тексти запитань, за допомогою яких означають відповідні симптоми:

1. При цьому русі пряма, що з'єднує будь-які дві точки цього об'єкта, залишається паралельною самій собі?
2. Це рух періодичний?
3. Модуль середньої швидкості цього руху дорівнює «0»?
4. При цьому русі центральне прискорення дорівнює «0»?
5. Траєкторія цього руху – пряма лінія?

Априорні ймовірності гіпотез $P(H_i) = 1/5 = 0,2$ ($i = 1, \dots, 5$).

Для визначення ймовірності підтвердження і спростування гіпотези даним симптомом складемо таблицю відповідності між гіпотезами і симптомами (табл. 2), в якій «+» означає відповідь «так» на вище наведені запитання про значення симптомів, а «-» – «ні».

Таблиця 2

Відповідність «гіпотези–симптоми» в предметній області «Рух фізичних об'єктів»

$S_j \backslash H_i$	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
S_1	+	-	+	-	+
S_2	-	+	+	+	+
S_3	+	+	+	-	+
S_4	+	-	-	-	+
S_5	-	-	-	-	+

Ймовірності підтвердження гіпотез різними симптомами, як і в попередньому прикладі (і завжди) дорівнюють або 0, або 1. Якщо в табл. 2 стоїть «+», то ймовірність підтвердження гіпотези симптомом дорівнює 1, якщо «-», то – 0.

Ймовірності спростування обчислимо або за формулою (1), або по

формуле (2). Результаты вычислений приведены в табл. 3.

Для читателей, далеких от физики и математики, будет полезен третий пример. Экспертная система, составленная по данному алгоритму, поможет определить «путешественнику», где он находится (возможные гипотезы: Дубай; Донецк; Киев; Лондон; Вена). Вопросы, помогающие «путешественнику» сориентироваться, достаточно просты. Их всего четыре:

1. В этом городе протекает река?
2. Этот город является столицей?
3. В этом городе национальный язык украинский?
4. В этом городе монархическая форма правления?

Таблица 3

Вероятности подтверждения и опровержения гипотез симптомами в предметной области «Движение физических объектов»

$S_j \backslash H_i$	H_1		H_2		H_3		H_4		H_5	
	p^+	p^-								
S_1	1	0,5	0	0,75	1	0,5	0	0,75	1	0,5
S_2	0	1	1	0,75	1	0,75	1	0,75	1	0,75
S_3	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0	1	1	0,75
S_4	1	0,25	0	0,5	0	0,5	0	0,5	1	0,25
S_5	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0,25	1	0

Таблица 4 позволяет определить соответствие между данными гипотезами и симптомами.

Таблица 4

Соответствие «гипотезы–симптомы» в предметной области «Города»

$S_j \backslash H_i$	Дубай	Донецк	Киев	Лондон	Вена
1	–	+	+	+	+
2	+	–	+	+	+
3	–	+	+	–	–
4	–	–	–	+	–

Ну а если и с географией туго, то четвертая экспертная система «Фрукты» будет, думаем, понятна всем читателям. С ее помощью можно выбрать H_1 – грушу; H_2 – гранат; H_3 – персик; H_4 – малину; H_5 – вишню. Для этого, оказывается, достаточно означить всего три симптома S_1 , S_2 и S_3 , задав следующие вопросы:

1. Можно ли есть этот фрукт не почистив от кожуры?

2. В этом фрукте одна косточка?
3. Размер плода в спелом виде меньше 3 см?

Вероятности подтверждения и результаты вычислений вероятностей опровержения по формулам (1) или (2) приведены в табл. 6.

Таблица 5

Соответствие «гипотезы–симптомы» в предметной области «Фрукты»

$S_j \backslash H_i$	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
1	+	–	+	+	+
2	–	–	+	–	+
3	–	–	–	+	+

Таблица 6

Вероятности подтверждения и опровержения гипотез симптомами в предметной области «Фрукты»

$S_j \backslash H_i$	H_1		H_2		H_3		H_4		H_5	
	p^+	p^-								
S_1	1	0,75	0	1	1	0,75	1	0,75	1	0,75
S_2	0	0,5	0	0,5	1	0,25	0	0,5	1	0,25
S_3	0	0,5	0	0,5	0	0,5	1	0,25	1	0,25

Составление БЗ ЭС требует от студентов самостоятельности, творческого подхода, дает студенту возможность глубже разобраться в общих и отличительных чертах изучаемых им явлений, процессов и законов, а преподавателю увидеть, где именно представления студентов ошибочны либо не совсем точны, и откорректировать их. Помочь студентам вникнуть в детали определений, явлений, процессов, «прочувствовать» их механизмы – это одна из целей занятий, посвященных разработке БЗ ЭС. ЭС в этом случае выполняет роль «ученика».

Ясно, что если студент сумел объяснить суть явления компьютеру, то можно быть уверенным, что он понял материал и сможет объяснить его другим людям. Особенно важно это для будущих учителей, поскольку они, например, заучив определение формально, не вникая в суть, не смогут донести ее до своих учеников.

Список использованных источников

1. Атанов Г. А. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы // Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк : Изд-во ДООУ, 2002. – 504 с.

2. Лимантов Ф. С. О природе вопроса. Очерк истории и современного состояния эротетической логики / Ф. С. Лимантов // Ученые записки ЛГПИ им. А. И. Герцена. – Л., 1971. – Т. 497 : Вопрос. Мнение. Человек. – С. 3-25.

3. Любарский Ю. Я. Интеллектуальные информационные системы / Ю. Я. Любарский. – М. : Наука, 1980. – 232 с. – (Проблемы искусственного интеллекта).

4. Петрушин В. А. Экспертно-обучающие системы / В. А. Петрушин ; Акад. наук Украины, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. – К. : Наукова думка, 1992. – 194 с.

5. Семеріков С. О. Оболонка CLIPS як засіб вивчення експертних систем / С. О. Семеріков, І. О. Теплицький // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання : зб. наук. пр. / Редкол. – К. : НПУ імені М. П. Драгоманова. – № 5 (12). – 2007. – С. 31-36.

References (translated and transliterated)

1. Atanov G. A. Obuchenie i iskusstvennyj intellekt, ili Osnovy sovremennoj didaktiki vysshej shkoly [Education and Artificial Intelligence, or Fundamentals of Modern Didactics of Higher School] // G. A. Atanov, I. N. Pustynnikova. – Doneck : Izd-vo DOU, 2002. – 504 s. (In Russian)

2. Limantov F. S. O prirode voprosa. Oчерk istorii i sovremennoгo sostojanija jeroteticheskoj logiki [On the nature of the issue. Essay on the history and current state of erotetic logic] / F. S. Limantov // Uchenye zapiski LGPI im. A. I. Gercena. – L., 1971. – T. 497 : Vopros. Mnenie. Chelovek. – S. 3-25. (In Russian)

3. Ljubarskij Ju. Ja. Intellektual'nye informacionnye sistemy [Intelligent information systems] / Ju. Ja. Ljubarskij. – M. : Nauka, 1980. – 232 s. – (Problemy iskusstvennogo intellekta). (In Russian)

4. Petrushin V. A. Jekspertno-obuchajushhie sistemy [Expert training systems] / V. A. Petrushin ; Akad. nauk Ukrainy, In-t kibernetiki im. V. M. Glushkova. – K. : Naukova dumka, 1992. – 194 s. (In Russian)

5. Semerikov S. O. Obolonka CLIPS yak zasib vyvchennia ekspertnykh system [Shell CLIPS as a means of studying expert systems] / S. O. Semerikov, I. O. Teplytskyi // Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. Seriya # 2. Kompiuterno-orientovani systemy navchannia : zб. nauk. pr. / Redkol. – K. : NPU imeni M. P. Drahomanova. – # 5 (12). – 2007. – S. 31-36. (In Ukrainian)

Received: 3 March 2014; in revised form: 25 March 2014 / Accepted: 30 March 2014