

УДК 004.318

В.П. Бурдаев

Харьковский национальный экономический университет имени С. Кузнеця, Харьков

## ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ И ИХ ОЦЕНКА С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕСТОВ

*Рассматривается модель функциональной системы динамической предметной области, на основе понятия расслоения баз знаний для создания интеллектуальных тестов. Предложен, реализован и исследуется механизм интерпретации модели иерархической функциональной системы в условиях динамического изменения ее параметров (базового класса, связей между классами и взаимодействия объектов классов).*

**Ключевые слова:** иерархическая функциональная система, онтология, интеллектуальное тестирование, фильтрация баз знаний, сложность, связность, устойчивость.

### Введение

Подготовка специалиста в Харьковском национальном экономическом университете им. С. Кузнеця направлена на формирование у него определенных общекультурных, профессиональных и специальных компетенций. Именно их наличие является качественным показателем готовности выпускника к профессиональной работе.

Поскольку интеллект определяет успешность любой деятельности, то интеллектуальная компетентность является базовой и основополагающей для всех компетенций. Для того чтобы оценить интеллектуальные компетенции будущего специалиста нужны новые методы и сервисы, основанные на принципах искусственного интеллекта. Для определения интеллектуальных компетенций студентов, обучающихся по предметной области информационный менеджмент, используется компьютерная система "КАРКАС", которая способствует повышению качества профессионального образования и оценивания компетентности студентов [2 – 5, 7].

**Целью данной работы** является исследование модели иерархической функциональной системы на основе понятия расслоения базы знаний предметной области, обладающих динамической структурой и с возможностью самоадаптации в процессе эксплуатации. Данная работа является развитием исследований [3, 4].

**Постановка задачи.** Разработать структуру базы знаний для тестирования знаний студентов по дисциплине "Информационный менеджмент" на основе функциональной модели, реализованной в системе "КАРКАС".

### Основная часть

Под моделью динамической предметной области понимаем иерархическую функциональную систему, которая характеризуется некоторым состоянием в данный момент времени и некоторым законом, который описывает изменение состояния с течением

времени. А именно, состояние иерархической функциональной системы описывается фактами предметной области, а изменение состояния описывается правилами принятия решения. Один из подходов построения динамических интеллектуальных систем, основанных на правилах, рассмотрен в [7].

В [4] построена математическая модель динамической предметной области в виде иерархической функциональной системы (ФС), в которой база знаний ассоциируется с цепочкой расслоений баз знаний, т.е. представляет собой сечение цепочки расслоений баз знаний. ФС характеризуется: **связностью** – цепочка расслоений базы знаний; **сложностью** – иерархия уровней локальных баз знаний; **устойчивостью** (динамическое поведение системы) – структура сечения цепочки расслоений не меняется при возмущениях локальных баз знаний. Другими словами, осуществляется только изменение эвристик локальных баз знаний цепочки расслоений, а база расслоения, которая интерпретируется как внешняя среда, остается не измененной.

Связность ФС выражается в фильтрации базы знаний. Пусть  $V_i$  – это локальная база знаний, то есть содержит правила продукции для определения подцели  $G_i$ , которая находится на  $i$ -м уровне в иерархии ФС. Фильтрация базы знаний – это конечная система локальных баз знаний  $V_i$ :

$$V_0 \leq V_1 \leq \dots \leq V_k,$$

частично-упорядоченных ( $\leq$ ) следующим образом: консеквент каждого правила из  $V_i$  содержится в антецеденте правила из  $V_j$ .

Чтобы построить фильтрацию базы знаний, достаточно указать цепочку правил ФС для достижения основной цели. Затем с помощью рекурсивного алгоритма строятся другие правила для локальных баз знаний ФС путем генерирования правил во время консультации с экспертом. Эксперт анализирует правила, предоставленные агентом вывода ФС, и может поместить созданные правила в локальную базу знаний на соответствующем уровне иерархии ФС или запретить его использование или разрешить

его использование на определенное время. Таким образом, с помощью алгоритма фильтрации базы осуществляется как пополнение локальных баз знаний, так и их адаптация к предметной области. Количество локальных баз знаний соответствует уровням иерархической ФС предметной области.

Сложность ФС характеризует основное свойство иерархической системы: несмотря на наличие ошибок в локальных базах вся ФС в целом функционирует нормально. Например, если на каком-то уровне иерархии не нашлось соответствующего правила для принятия решения, то ситуация автоматически запоминается в фрейме базы знаний и далее производится переход к следующему уровню, другими словами консультация не прерывается. Кроме того, агент вывода формирует правило продукции на эту ситуацию ФС и запоминает в базе знаний. После консультации эксперт может проанализировать ситуацию, которая привела к появлению нового правила принятия решения.

Заметим, что размерность ФС (множество состояний или множество правил принятия решений) не означает большую сложность ее и наоборот.

Таким образом, под динамической системой будем понимать именно иерархическую функциональную систему предметной области, в которой правила принятия решения не разбросаны, а представляют собой набор отфильтрованных локальных баз знаний, которые позволяют агенту вывода ФС достичь локальной цели на каждом уровне иерархии и соответственно – глобальной цели.

Итак, модель предметной области рассматривается как ФС, в которой результат оказывает организующее влияние на все этапы формирования онтологии. Классы и связи между ними можно рассматривать как логическую конструкцию ФС.

Реализация расслоения базы знаний в цепочку расслоений позволяет эффективно выполнить ряд операций, например, тестирования базы знаний на каждом уровне иерархической ФС (поиск непротиворечивости знаний и исследование на полноту базы знаний). Клонирование правил базы знаний.

Другой подход к моделированию динамической предметной области – это использование темпоральных знаний [8].

Интеллектуально компетентные специалисты, специализирующиеся в предметной области информатики имеют, как правило, следующие компетентности: дедуктивную, индуктивную, алгоритмическую, языковую. Стать компетентным специалистом можно только после приобретения профессиональной деятельности: знаний, практического опыта и мотивации к саморазвитию.

Сформулируем правила базы знаний для определения интеллектуальной компетентности в соответствии с целями: приоритетность, обогащение ментального опыта и формирование познавательного стиля.

**Цель** – приоритетность.

**Правило 1.** Предоставление качественного контента (лекции, лабораторные работы, презентации и т.д.) как средство формирования интеллектуальной компетентности студентов.

**Правило 2.** Использование цифровых технологий как инструмент формирования интеллектуальной компетентности студентов.

**Правило 3.** Личность преподавателя как организатор взаимодействия между контентом и студентами.

**Цель** – обогащение ментального опыта.

**Правило 4.** Механизмы формирования интеллектуальной компетентности специалиста носят индивидуальный характер, их содержательное оформление реализуется через предметные области знания.

**Правило 5.** Предметные области знаний представлены не только декларативными (поверхностными), но и процедурными (глубинными) знаниями.

**Цель** – формирование познавательного стиля.

**Правило 6.** Контент базы знаний состоит как из базовых компонентов онтологии, так из мотиваций студента принимать решение своих действий при решении задач.

**Правило 7.** Контент базы знаний предполагает самооценку обучения студента (оценить свои сильные и слабые интеллектуальные качества).

Выделенные правила формирования интеллектуальной компетентности будущих специалистов осуществляются в условиях социальных сетевых технологий. Так, например, студенты ХНЭУ имеют возможность обучаться, общаться, разрабатывать свои проекты на образовательном портале [ikt.hneu.edu.ua](http://ikt.hneu.edu.ua) и на сайте [it-karkas.com.ua](http://it-karkas.com.ua).

Таким образом, реализация сетевых образовательных технологий при обучении будущих специалистов ХНЭУ удовлетворяет принципам формирования их интеллектуальной компетентности, а значит – они могут быть эффективно использованы в процессе профессиональной подготовки.

Техническая реализация иерархической функциональной системы выполнена в компьютерной системе "КАРКАС", которая позволяет как разрабатывать базы знаний, прототипы экспертных систем, так и может быть использована для адаптированного тестирования и обучения студентов по локальной сети. Система "КАРКАС" реализует основные инструментальные средства, сервисы (middleware, библиотеки, движки, каркасы) для построения баз знаний предметной области с помощью иерархической функциональной системы и таким образом, облегчает построение экспертных и экспертно-обучающих систем. Архитектура системы "КАРКАС" построена по модульному принципу и по этой причине имеет возможность подсоединения других дополнительных модулей. В архитектуре системы можно выделить следующие основные модули: загрузчик; модуль для

разработки базы знаний (БЗ); модуль консультации; модуль кластеризации данных. Алгоритм создания БЗ на основе системы "КАРКАС" состоит из следующих шагов: определить цели и подцели ФС; определить классы, объекты и их связи в ФС; определить атрибуты (свойства) ФС; выполнить формализацию БЗ; протестировать БЗ.

Функциональная система компетентности (ФСК) – это система, сформированная для достижения заданного полезного результата (компетентности) в процессе своего функционирования. Системообразующим фактором функционирования ФСК является конкретный результат – компетентность. Разработка модели компетентности в системе "КАРКАС" предполагает следующие этапы:

- построение онтологии предметной области;
- квалиметрия (энтропия) интеллектуальной и практической компетентностей;
- тестирование онтологии.

Система "КАРКАС" позволяет эффективно:

- создавать тесты;
- проводить тестирование, как на отдельном компьютере, так и по локальной сети;
- составлять по каждому тестированию детальный протокол, и осуществлять анализ результатов тестирования;
- формировать ведомости результатов тестирования, которые могут быть использованы для хранения информации об аттестации, блочном контроле, экзамене;
- работать в интеграции с пакетом Microsoft® Office (Word, Excel, PowerPoint);
- использовать подсказку и обучающие блоки по работе с ней (презентации в стиле MS PowerPoint);
- использовать технологию Microsoft Agent и Microsoft Speech API для сопровождения тестирования и во время обучения контента;

– настраивать индивидуальные стратегии для тестирования: выбор тем; формирование тестов по темам; использование датчика случайных чисел для тестов; использование коэффициентов значимости вопросов; адаптация теста по уровню знаний во время тестирования (как в сторону повышения значимости вопросов, так и в противоположную),

– построить наглядную графическую интерпретацию тестирования: диаграммы текущей оценки; диаграммы распределения верных и неверных ответов; диаграммы статистики ответов,

– для оценки теста формировать ряд показателей: оценка по отношению к верным ответам, погрешность ответа, общая оценка, экспертная оценка и заключительная оценка,

– формировать тесты динамически согласно стратегиям преподавателя и правилам базы знаний.

Общая структура компьютерной технологии обучения и тестирования в системе "КАРКАС" основывается на детализации и активизации знаний.

Визуальный редактор БЗ (режим экспертной обучающей системы) – это модуль, предоставляющий когнитологу возможность создавать БЗ в интерактивном режиме. Редактор включает в себя шаблоны языка представления знаний (продукции, фреймы), подсказки и другие сервисные средства, облегчающие работу с базой. Редактор БЗ помогает эксперту или инженеру по знаниям легко модифицировать и проверять БЗ. Редактор БЗ содержит синтаксический контроль логического условия для продукции. Алгоритм синтаксического контроля рассмотрен в [2].

Для синтаксического контроля ввода атрибутов предметной области и их значений в antecedentes продукции в помощь пользователю предложен механизм выбора их из выпадающего списка. Если пользователь вводит атрибут или его значение с грамматической ошибкой (не содержащее в списке терминов предметной области), то агент редактора базы знаний обнаруживает их и объясняет, что неправильно. Исправление таких ошибок во время редактирования, а не в процессе тестирования системы, значительно уменьшает время ее разработки.

Агент редактора БЗ контролирует не только семантику или содержание правил и данных при их вводе, но и проверяет, не противоречат ли они существующим правилам БЗ. Если обнаруживается противоречие, то агент помогает пользователю разрешить конфликт, объясняя причины противоречий и описывая способы их устранения.

Редактор БЗ позволяет клонировать продукции. Например, antecedent продукции содержит четыре атрибута, число вариантов для первого атрибута равно 3, соответственно для второго – 5, для третьего – 4, для четвертого – 2 и консеквент имеет один объект. Тогда в результате клонирования этого правила система создаст 120 вариантов различных комбинаций правил. Когнитологу останется только удалить ненужные правила. Внешний вид редактора базы знаний представлен на рис. 1. На экране редактора имеются следующие закладки: атрибуты БЗ; правила; фреймы; изображение; иерархия объектов (правил, фреймов); функциональная система.

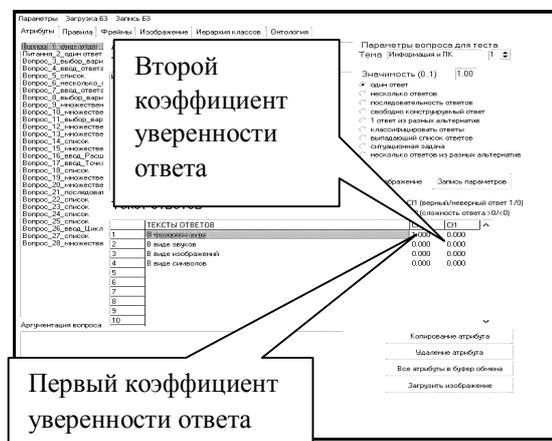


Рис. 1. Редактирование атрибута базы знаний

Закладка "изображение" предназначена для размещения рисунка к вопросу. На самом рисунке можно выделять специальные маркеры для ответов. В основном этот сервис используется для процесса тестирования пользователя.

В системе "КАРКАС" атрибут имеет несколько вариантов ответов, при этом каждый ответ имеет коэффициент фактора уверенности, который предоставляется экспертом в диапазоне  $[0, \dots, 1]$  или, в случае группы экспертов, определяются методами экспертных оценок. В системе имеется возможность выставить два коэффициента достоверности ответа, что позволяет использовать формулу Байеса для формирования априорных вероятностей, которые применяются при построении базы знаний, использующих вывод, основанный на методе Байеса. Применение коэффициентов фактора уверенности ответов позволяет при тестировании использовать математический аппарат нечетких множеств для адекватного отображения знаний, тестируемого на шкалу оценок. В системе "КАРКАС" имеется модуль для конструирования "нечетких" тестов [2].

Множество атрибутов располагается в виде списка. При щелчке указателем мыши на каждом атрибуте появляются ассоциированные с ним тексты вопроса и ответов. Скриншот редактора для конструирования продукции представлен на рис. 2.



Рис. 2. Формирование правила (продукции)

В системе "КАРКАС" шаблоны продукции и фреймов находятся в текстовом файле с расширением `pattern.knb` (knowledge base). Наличие этого файла обязательно, поскольку ввод правил, фреймов и метаправил осуществляется с помощью указанных шаблонов путем их наполнения и дальнейшего копирования в новые продукции и фреймы. Рекомендуется при выполнении наполнения БЗ записывать ее в разные файлы; `bank1.knb`, ..., `bankN.knb`, что обеспечит сохранение работающих версий БЗ.

Тестовым заданиям по возможности придан такой характер, при котором студенту приходится активно мыслить и принимать осознанные решения. Ниже на скриншотах системы "КАРКАС" приводятся избранные тестовые задания для качественного оценивания уровня знаний студента, его навыков и

степени зрелости профессионального мышления по предметной области информационный менеджмент.

Вопрос имеет следующую структуру.

Название вопроса (атрибут): для украинского языка ключевое слово "Питання"; для русского языка ключевое слово "Вопрос".

Название вопроса начинается с ключевого слова, а далее может идти произвольный текст. Текст вопроса набирается пожеланию пользователя или копируются из буфера обмена. Ответы на вопрос набираются в окне расположенном ниже окна ответа. В одной строке ответа может располагаться до 255 символов. Количество ответов на один вопрос может быть до 99. Текст ответа набирается в первом столбце. Каждый ответ снабжается коэффициентами уверенности:  $Cf_1$  – предназначен для идентификации ответа (верный ответ отмечается 1, неверный ответ отмечается 0);  $Cf_2$  – коэффициент предназначен для идентификации сложности ответа (значение  $Cf_2 > 0$  означает увеличение сложности ответа при его истинности, а  $Cf_2 < 0$  означает уменьшение сложности ответа при его ложности). Коэффициенты уверенности ответов влияют на оценки по тесту. Каждый ответ можно снабдить изображением (формат `bmp`), которое можно редактировать и с помощью разноцветных дисков на нем обозначить как верные, так и неверные варианты ответа. Типы ответов на вопрос:

- 0 – с одним верным ответом;
  - 1 – с множеством верных ответов;
  - 2 – учитывается последовательность расположения ответов;
  - 3 – свободно-конструируемый ответ; (пользователь вводит ответ с клавиатуры);
  - 4 – выбор вариантов ответов (пользователю предлагается несколько столбцов вариантов ответов и он должен выбрать по одному верному ответу из каждого столбца). Оценка выставляется от выбранных правильных вариантов ответов;
  - 5 – классифицировать ответы (пользователю предлагается, указать какие ответы принадлежат каждому из двух классов ответов);
  - 6 – список ответов (пользователю предлагается выбрать из выпадающего списка варианты ответов);
  - 7 – ситуационная задача (при выборе правильного ответа задается уточняющий вопрос относительно выбранного ответа);
  - 8 – несколько ответов из разных альтернатив (пользователю предлагается несколько столбцов вариантов ответов, и он может выбрать несколько верных ответов из каждого столбца). Оценка выставляется от выбранных правильных вариантов ответов.
- При выборе пункта меню "Параметры", "Значимость вопроса и виды ответов (ЭОС)" в правом окне появляется панель с параметрами вопроса:
- тема (название темы и номер темы);
  - значимость вопроса – это действительное число определяющее ценность вопроса по отноше-

нию ко всем остальным в диапазоне от 0 по 1; значимость вопроса участвует в экспертной оценке;

- радио-кнопки позволяют выбрать вид ответа;
- чек-бокс показывает о наличии изображения;
- кнопка запись параметров предназначена для сохранения параметров вопроса.

Образец теста с различными видами вопросов и ответов размещен в файле – Template.knb.

Использование различных 9 типов ответов по-

зволяет составлять интеллектуальные тесты. Рассмотрим пример вопроса реализующий ситуационную задачу. Ситуационная задача представляет собой вопрос, с которым связан уточняющий вопрос по смыслу задачи. Уточняющий вопрос служит для того, чтобы определить угадал пользователь ответ или случайно указал верный ответ. Для построения ситуационной задачи в структуру базы знаний вводятся дополнительные правила и фреймы (рис. 3).

Рис. 3. Вид фрейма для ситуационной задачи

Для иллюстрации приведен пример из интеллектуального теста по дисциплине информационный менеджмент (рис. 4). Вид уточняющего вопроса приведен на рис. 5.

Данный метод построения интеллектуального теста, способен сформировать у студента опыт творческой деятельности, вырабатывает устойчивые интересы, постоянную потребность в творческих поисках, ибо вне деятельности интересы и потребности не возникают. В деятельности студент наиболее ярко проявляет свои способности, раскрывает своё мироощущение, открывает для себя что-то новое. Формируя интеллектуальную компетентность студентов на занятиях по информационным системам, преподаватель повышает качество образования по предмету: качество построения лабораторного занятия и лекции, – качество и увеличение объема изученного материала, – качество полученных студентами знаний. Вид иерархической функциональной системы для интеллектуального теста по дисциплине информационный менеджмент представлен на рис. 6.

## Заключение

Для подготовки студентов к успешной жизни в информационном обществе вуз, как минимум, должен формировать у своих студентов умения, составляющие интеллектуальную компетентность. Необходимо сделать акцент на формирование этих умений в соответствии с требованиями информационного общества, в котором большая часть информации представлена в электронном виде:

- для этого преподаватель должен быть настроен на формирование этой компетентности;
- необходимо использовать активные методы обучения;
- потребуются изменение дидактических целей типовых заданий, которые обычно даются студентам.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что использование технологии, где основным является создание и поддержание высокого уровня интереса и самостоятельной умственной активности студентов, формирующей интеллектуальную компе-

тентность, является перспективной для создания интегрированных курсов по информационным системам. Предложенная концепция интеллектуальной компетенции реализована на базе иерархической функциональной системы "КАРКАС".

Алгоритм создания БЗ на основе системы "КАРКАС" состоит из следующих шагов: определить цели и подцели ФС; определить классы, объекты и их связи в ФС; определить атрибуты (свойства) ФС; выполнить формализацию БЗ; протестировать БЗ.

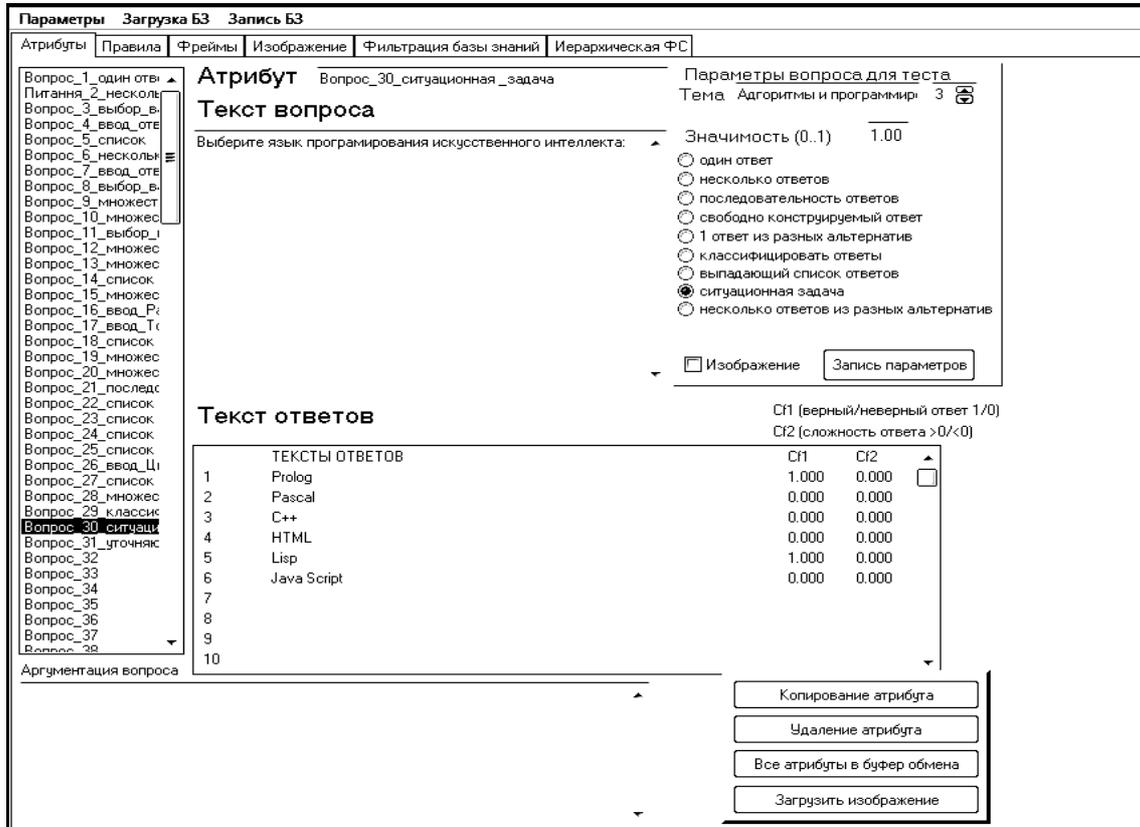


Рис. 4. Вопрос с ситуационной задачей

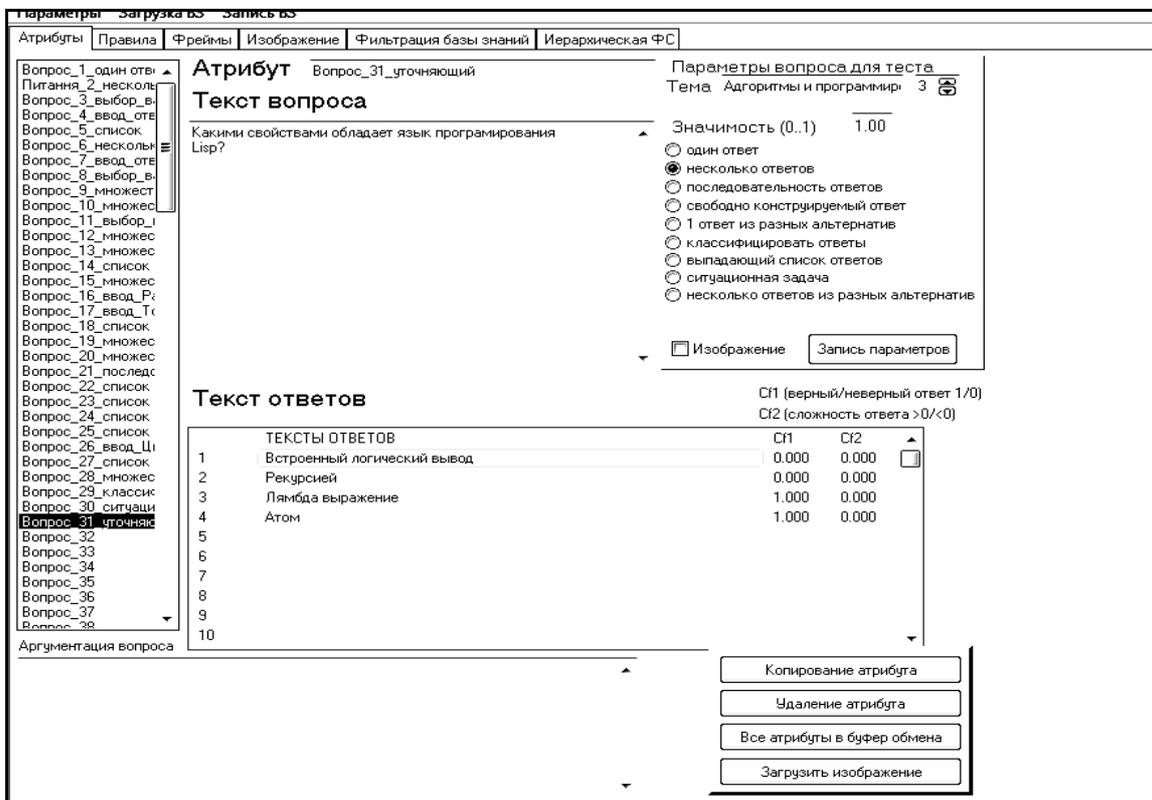


Рис. 5. Уточняющий вопрос к ситуационной задаче

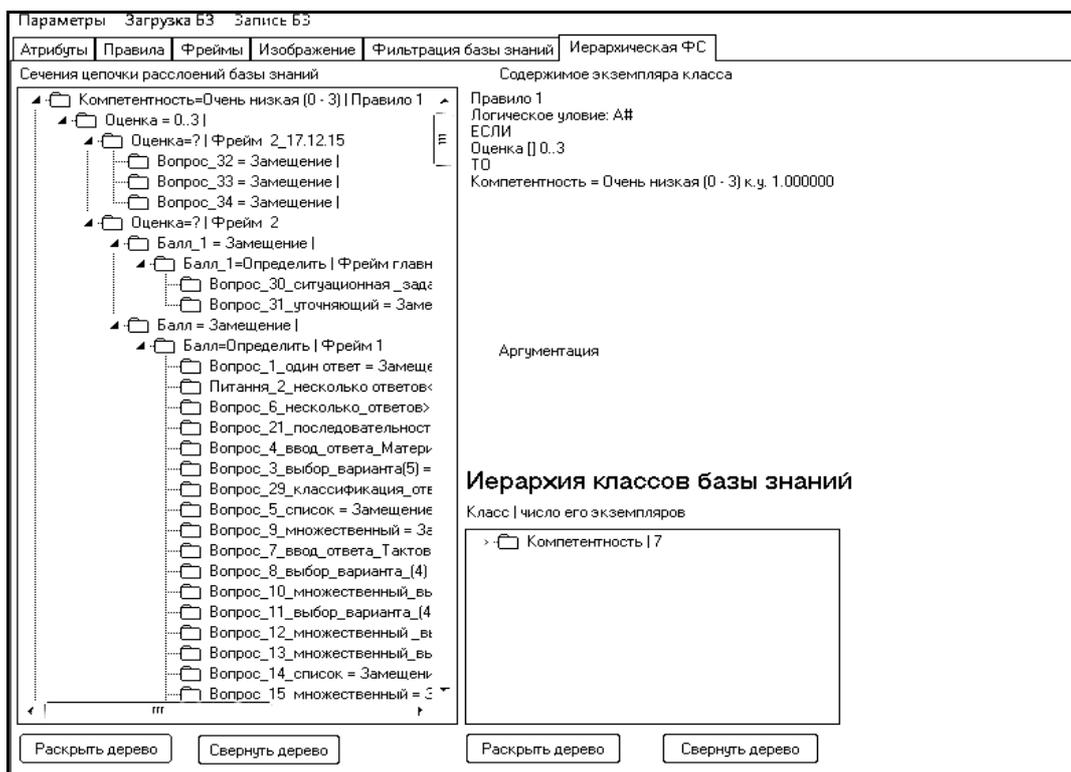


Рис. 6. Вид иерархической функциональной системы для интеллектуального теста

Функциональная система компетентности (ФС) – это система, сформированная для достижения заданного полезного результата (компетентности) в процессе своего функционирования. Системообразующим фактором функционирования ФС является конкретный результат – компетентность. Разработка модели компетентности в системе "КАРКАС" предполагает следующие этапы: построение онтологии предметной области; квалиметрия (энтропия) интеллектуальной и практической компетентностей; тестирование онтологии.

### Список литературы

1. Рассел С. Искусственный интеллект: современный поход / С. Рассел, П. Норвиг. – 2-е изд. пер. с англ. – М.: ИД "Вильямс", 2006. – 1408 с.
2. Бурдаев В.П. Системи навчання з елементами штучного інтелекту / В.П. Бурдаев. – Х.: ХНЕУ, 2010. – 400 с.

3. Бурдаев В.П. Моделі баз знань / В.П. Бурдаев. – Х.: Вид. ХНЕУ, 2010. – 300 с.

4. Бурдаев В.П. Модель функциональной системы динамической предметной области / В.П. Бурдаев // Искусственный интеллект. – 2011. – №3. – С. 439-448.

5. Бурдаев В.П. Формирование правил базы знаний для функциональной системы / В.П. Бурдаев // Искусственный интеллект. – 2012. – №3. – С. 355-365.

6. Осипов Г.С. Динамические интеллектуальные системы / Г.С. Осипов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1. – С. 47-54.

7. Компьютерная система "КАРКАС" [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.it-karkas.com.ua>.

8. Еремеев А.П. Логика ветвящегося времени и ее применение в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / А.П. Еремеев // 10 НК КИИ-2006: Труды конф.. – М.: Физматлит, 2006. Т.3. – С. 55-59.

Поступила в редколлегию 17.03.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Л.М. Любчик, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

### ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНІ ТА ЇХ ОЦІНКА ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕСТІВ

В.П. Бурдаєв

У статті розглядається модель функціональної системи динамічної предметної області, на основі поняття розширення баз знань для створення інтелектуальних тестів. Запропоновано, реалізований і досліджується механізм інтерпретації моделі ієрархічної функціональної системи в умовах динамічної зміни її параметрів (базового класу, зв'язків між класами і взаємодії об'єктів класів).

**Ключові слова:** ієрархічна функціональна система, онтологія, інтелектуальне тестування, фільтрація баз знань, складність, зв'язність, стійкість.

### FORMATION OF COMPETENCE AND ASSESSMENT TESTS WITH INTELLIGENT

V.P. Burdaev

It is considered the model of functional dynamic system domain, based on the concept of separation of knowledge bases for intelligent tests. Proposed, implemented and studied the mechanism of interpretation of the hierarchical model of the functional system under conditions of dynamic changes of its parameters (base class, relations between classes and the interaction of classes of objects).

**Keywords:** hierarchical functional system, ontology, intelligent testing, filtering, knowledge bases, complexity, connectivity, stability.