

УДК 004.415

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАНИИ**Палагин А. В., Петренко Н. Г., Тихонов Ю. Л., Могильный Г. А.,
Величко В. Ю., Семенов В. В., Онопченко С. В.****THE QUESTION OF ONTOLOGICAL APPROACH TO EDUCATION****Palagin A., Petrenko N., Tikhonov Y., Mogilny G.,
Velichko V., Semenov V., Onopchenko S.**

В работе рассмотрены концептуальные положения системологии междисциплинарных научных исследований и предложены средства ее реализации в виде архитектуры знание-ориентированной информационной системы. В соответствии с междисциплинарным подходом к исследованию комплексных научно-технических проблем, в том числе в системе образования, предлагается системно-онтологический подход центральной идеей которого является разработка онтологических средств поддержки решения прикладных задач. В работе описан пример построения онтологии электронного курса для указанной предметной дисциплины, представлена блок-схема алгоритма автоматизированного синтеза тестов.

Предложен онтологический подход к оценке знаний использующий иерархичность онтографа. Показано, как результаты онтологизированного теста могут быть использованы для оценки качества электронного курса.

Ключевые слова: управление знаниями, междисциплинарные исследования, компьютерная онтология, электронный курс.

Введение. Разработка методологии междисциплинарных научных исследований, включая новые перспективные архитектуры интеллектуальных компьютерных систем, обусловлена необходимостью современного этапа развития науки и ее приложений, которые носит явно междисциплинарный характер.

Междисциплинарная парадигма предполагает построение единой междисциплинарной системы знаний, обеспечивающей формализованные постановку и решение конкретных задач при выполнении перспективных научных исследований. Наука не в состоянии решить сложные междисциплинарные проблемы вследствие разобщенности научных дисциплин и их специализации, слабой координации научных коллективов и их тематики, отсутствием системного мониторинга и общего формализованного языка представления знаний [1].

Междисциплинарные исследования, захватывая зоны пограничных (демаркационных) ареалов научных дисциплин, интегрируют сущностные основы последних, образуя так называемые *кластеры конвергенции*, в которых происходит мощное синергетическое взаимодействие за счет взаимопроникновения парадигм и конкретных текущих результатов каждой из дисциплин, входящих в тот или иной кластер. Указанное взаимодействие отражает целостность реального мира, являясь стимулом и одновременно гарантией успешности междисциплинарных исследований и связанных с ними практических проектов, нетривиальности и значимости их результатов.

Одной из главных задач междисциплинарных исследований является обеспечение эффективного междисциплинарного взаимодействия на всех этапах жизненного цикла решения фундаментальных и прикладных научных проблем. На первый план выходят задачи методологического сопровождения и обеспечения процессов интеграции и унифицированного формализованного представления междисциплинарных знаний и операций над ними при решении научных и практических проблем анализа и синтеза сложных систем, установления принципов междисциплинарного взаимодействия в виде согласования понятий, методов исследований и интерпретации их результатов [2]. Таким образом, путь к междисциплинарности лежит через создание *системологии междисциплинарного взаимодействия* как самостоятельной отрасли знаний либо отдельного раздела информатики, имея в виду ее системообразующую функцию.

Сущность междисциплинарного подхода к исследованию комплексных научно-технических проблем состоит в эффективном обеспечении двуединства концепций углубления конкретных

знаний в предметной области (ПдО), с одной стороны, и расширения охвата проблемы, исходя из реальности единства мира, и стремления воссоздать целостную научную картину мира, – с другой.

Его реализация состоит в выяснении новых закономерностей по результатам системной интеграции исходных научных теорий путем обмена понятиями и методами разных наук, формировании новых понятий, категорий, новых научных теорий, обобщающих исходные и расширяющих диапазон междисциплинарности в направлении построения *глобальной интегрированной системы знаний*, которая не просто фиксирует научную картину мира, но и является активной средой, обеспечивающей решение конкретных научно-технических задач (путем погружения в нее формализованных заданий) и развитие самой системы знаний [2].

Следует отметить нетривиальность и высокую сложность самого перехода от прямых методов научных исследований к исследованиям на основе профессионального управления знаниями (knowledge management) и, конечно же, средств их методологической и информационно-технологической поддержки. Такими средствами могут быть знание-ориентированные информационные системы с онтолого-управляемой архитектурой.

Конструирование механизма, лежащего в основе методологии научных исследований, непосредственно связано с созданием концептуально-понятийного каркаса соответствующих научных теорий, в качестве которого может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных предметных областей исследований.

Компьютерные онтологии являются интенсивно развивающимся в настоящее время разделом информатики как теоретической, так и практической, возник даже раздел инженерии знаний, названный онтологическим инжинирингом. Актуальность данного направления представляется очевидной и обоснованной [1].

Общая задача онтологии – скомпенсировать отсутствие стандартов на представление знаний при взаимодействии пользователя с информационными системами и последних между собой.

Сказанное выше в полной мере относится и к системе образования.

Разобщенность, несогласованность и субъективизм предметных дисциплин (ПдД) требуют, в свою очередь, поиска новых подходов к существенному повышению эффективности манипулирования (начиная от формирования учебного курса преподавателем до проверки усвоенных знаний обучающимися) учебными курсами в ВУЗе. Также необходимо разработать *системологию междисциплинарного взаимодействия* предметных дисциплин на кафедре, факультете, институте, университете и в перспективе – системе ВУЗов страны. Одним из

возможных подходов для реализации указанных целей может быть *онтологический подход*, а точнее, его интерпретация, изложенная в [1].

Основная часть. Рассмотрим процесс “жизненного цикла” учебного курса, начиная от системного анализа ПдД преподавателем до составления системы тестов для проверки усвоенных знаний обучающимися. Ввиду ограниченного объема статьи этапы указанного процесса будут рассмотрены с разной степенью детализации.

Системно-онтологический анализ предметной дисциплины.

Под системным анализом обычно понимается вид исследования, при котором реальный или мыслимый объект расчленяется на составляющие части (элементы) и затем исследуются эти элементы и связи между ними. Анализ ПдО представляет особый вид научной деятельности, в результате которой строится интерпретационная модель предметных знаний (в широком смысле). В процессе анализа последние делятся на инвариантные и прагматические знания, концептуальные составляющие которых представляют онтологические знания.

Некоторые идеи по разработке методологии проектирования онтологии ПдД берут свое начало в литературе по объектно-ориентированному подходу, возникшему как технология программирования больших программных продуктов. Однако разработка онтологий как иерархической структуры терминов (понятий) отличается от проектирования объектов как классов и отношений в объектно-ориентированном программировании. Последний сосредотачивается главным образом на методах описания классов – программист принимает проектные решения, основанные на *операторных* свойствах класса, тогда как разработчик онтологии принимает эти решения, основываясь на *структурных* свойствах класса. В результате структура терминов и отношений между ними в онтологии отличаются от структуры классов объектов подобной ПдО в объектно-ориентированной программе. Кроме того, при разработке онтологии внутреннее содержимое понятия эксплицируется всегда, в то время как в объектно-ориентированном программировании зачастую применяется метод инкапсуляции как способ ограничения доступа к внутреннему содержимому объекта.

Системный подход к познанию ориентирует аналитика на рассмотрение любой ПдО с позиций закономерностей системного целого и взаимодействия составляющих его частей. Системность знаний исходит из многоуровневой иерархической организации любой сущности, то есть все объекты, процессы и явления можно рассматривать как множество более мелких подмножеств (признаков, деталей) и, наоборот,

любые объекты можно (и нужно) рассматривать как элементы более высоких классов обобщений.

Центральной идеей системно-онтологического подхода является разработка онтологических средств поддержки решения прикладных задач – *полифункциональной онтологической системы*. Такая система (точнее, ее концептуальная часть) описывается двойкой (1), включающей онтологию ПдО (состоит из онтологии объектов и онтологии процессов) и онтологию задач [1].

$$ОнС = \langle O^{ПдО}(O^O, O^П), O^З \rangle \quad (1)$$

На рис. 1 представлена схема онтологий-компонентов предметной области и *проблемного пространства*. ПрП – это модель всех таких аспектов или компонент ПдО, с которыми связаны (опосредственно или непосредственно) знания, необходимые для решения различных задач в этой ПдО. Всякое ПрП состоит из двух блоков: инвариантной (относительно неизменной) части и множества изменяемых частей, соответствующих отдельным задачам.

O^O – онтология множества объектов (понятий, концептов) ПдО, которая рассматривается как иерархическая структура классов, подклассов и элементов классов;

$O^П$ – онтология множества процессов ПдО, которая рассматривается как иерархическая структура процессов, подпроцессов, действий и операций;

$O^З$ – онтология совокупности задач (типовых наборов), которые могут быть поставлены и решены в ПдО. Рассматривается как иерархическая структура задач, подзадач, процедур и операторов.

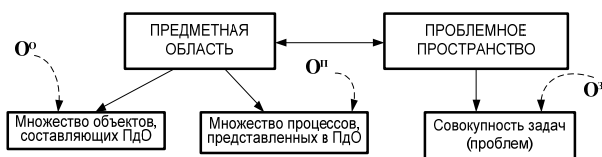


Рис. 1. Схема онтологий-компонентов предметной области

С точки зрения некоторой учебной дисциплины схема для ПдО (рис. 1) редуцируется в схему, представленную на рис. 2.

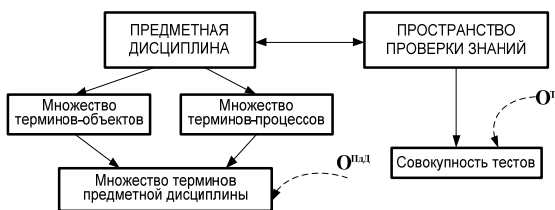


Рис. 2. Схема онтологий-компонентов предметной дисциплины

Такая система также описывается двойкой (2), включает онтологию ПдД и онтологию обобщенных тестов.

$$ОнС = \langle O^{ПдД}, O^Т \rangle \quad (2)$$

$O^{ПдД}$ – онтология множества терминов ПдД. При этом в множество терминов включены термины-объекты и термины-процессы. Такое объединение корректно, потому что последние рассматриваются как абстрактные сущности и не предполагают интерпретации.

$O^Т$ – онтология совокупности обобщенных тестов для разных контингентов обучающихся, которые могут быть сформированы в ПдД. Рассматривается как иерархическая структура обобщенных тестов разного уровня сложности.

Такие онтологии могут быть и простыми, т. е. составленными вручную, если ПдД не содержит большое количество терминов. Но с практической точки зрения представляет интерес многократно используемая, формальная или компьютерная онтология, построенная автоматизированным способом на основе компьютерной обработки всевозможных текстовых источников информации по заданной ПдД (энциклопедии, толковые словари, монографии, учебники и пр.). Инструментом для обработки может быть применен “Инструментальный комплекс онтологического назначения”, описанный в [1]. Особо выделим такой источник текстовой информации как “Толковый онтографический словарь” домена близких ПдО, который, по сути, представляет собой системно интегрированное множество онтологий ПдО.

Кратко рассмотрим предлагаемое нами понятие модели компьютерной онтологии ПдО, при этом уделив особое внимание отличительным признакам такой онтологии от общеизвестных моделей онтологий.

В общем случае модель онтологии некоторой ПдО представляют упорядоченной тройкой [1, 3]:

$$O = \langle X, R, F \rangle, \quad (3)$$

где X, R, F – конечные множества соответственно понятий, семантических терминов и функций интерпретации.

Полная (компьютерная) онтология является (формальным) выражением концептуальных знаний о предметной области и по своей значимости сопоставима с базой знаний ЗОИС, а ее построение является специфической формой творчества. Творческий процесс при этом можно представить совокупностью операций-процедур с суждениями, утверждениями, понятиями и отношениями между ними, а его результат – основой для построения составной части научной теории – онтологической

базы знаний в заданной предметной области, описанной в декларативной форме.

Ниже дано предлагаемое описание и модель онтологии ПдО [1].

Компьютерная онтология ПдО – это:

1) иерархическая структура конечного множества понятий, описывающих заданную предметную область;

2) структура представляет собой онтограф, вершинами которого являются понятия, а дугами – семантические отношения между ними;

3) понятия и отношения интерпретируются в соответствии с общезначимыми функциями интерпретации, взятыми из электронных источников знаний заданной ПдО;

4) определение понятий и отношений выполняется аксиомами и ограничениями области действия;

5) формально онтограф описывается на одном из языков описания онтологий;

6) функции интерпретации и аксиомы описаны в некоторой подходящей формальной теории.

Схема формальной модели полной онтологии описывается четверкой:

$$O = \langle X, R, F, A(D, R_s) \rangle, \quad (4)$$

где X – множество концептов;

R – множество концептуальных отношений между ними;

$F : X \times R$ – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях;

A – конечное множество аксиом, которые используются для записи всегда истинных высказываний (определений и ограничений);

D – множество дополнительных определений понятий;

R_s – множество ограничений, определяющих область действия понятийных структур.

Рассмотрим отличительные особенности моделей (3) и (4).

1. Для множества X . В модели (3) это множество строго ориентировано на решаемую задачу (задачи). В модели (4) множество X максимально полное, строится автоматизированным способом, в идеале включает все понятия заданной ПдО. Такое допущение принято из-за того, что, если изменяется типовой набор задач, то онтология объектов не должна изменяться.

2. Для множества R . В модели (3) это множество субъективно. В модели (4) множество R также строится автоматизированным способом, верифицируется на лингвистическом корпусе текстов и проверяется инженером по знаниям и (возможно) экспертом в заданной ПдО.

3. Для множества F . В модели (3) функции интерпретации выбираются исследователем в

соответствии с его “профессиональным вкусом”, дать собственную интерпретацию или воспользоваться толковым словарем. В модели (4) это множество формируется исключительно из общезначимых источников текстовой информации – энциклопедий и толковых словарей, причем согласованных определений понятий может быть несколько.

4. Множество A включает подмножества дополнительных определений D понятий и ограничений на интерпретацию R_s модели ПдО. Подмножество D включает определения понятий, не вошедшие в F , уточняющие или доопределяющие данное понятие и/или отношение в соответствии с мнением некоторого круга сообщества исследователей. Подмножество R_s включает только значимые ограничения на интерпретацию модели ПдО, оно может быть и пустым. Например, в [1] принято ограничение на компьютерную обработку текстовой информации только “Научно-технический стиль” и/или “Деловая проза”.

В итоге, рассмотренные выше отличительные особенности моделей (3) и (4) позволяют сделать следующий вывод.

Модель (3):

– содержит только декларативные знания предметной области;

– описывает только фрагмент предметной области;

– концептуализирует (не обязательно) часть научной теории;

– специфицирует (субъективно) указанный фрагмент;

– не может одновременно выступать и результатом и инструментом спецификации.

Модель (4):

– содержит как декларативные, так и процедурные знания предметной области, что позволяет решать задачи пользователя;

– описывает всю предметную область, построена на основе компьютерной обработки максимально полного лингвистического корпуса текстов, описывающего знания заданной ПдО, а потому является **общезначимой**;

– предполагается формальное описание на языке OWL, зафиксированном международным стандартом, с помощью упомянутого выше Инструментального комплекса;

– определяет общеупотребительные, семантически значимые “понятийные единицы знаний”. Она отделяет “статические” и “динамические” компоненты знаний предметной области от операциональных знаний. В отличие от знаний, закодированных в алгоритмах, она обеспечивает их унифицированное и многократное использование на разных компьютерных платформах, при решении разных задач;

– в онтологию предметной области включены объекты и процессы или статистические знания, а в онтологию задач включены классы задач, методы их

решения и соответствующие алгоритмы. При такой схеме, если изменяется класс решаемых задач, то онтологии объектов и процессов готовы к повторному использованию, перепроектируется же только онтология задач.

Только формальная (компьютерная, полная) онтология ПДО позволяет реализовать все те функции, о которых говорилось во введении, в том числе и построение знание-ориентированных информационных систем с онтолого-управляемой архитектурой. Модель (3) онтологии ПДО позволяет же строить только онтолого-знающие информационные системы (согласно классификации, предложенной в [3]).

*Разработка электронного курса (ЭК)
“Общие основы построения знание-ориентированных компьютерных систем”*

Ниже описан пример построения онтологии ЭК для указанной предметной дисциплины, взятого из [3].

Онтология ЭК содержит две составляющие: первая представляет собой структурированное семантическое пространство всех форм знаний электронного курса, а вторая – онтологическую иерархию концептов – терминов, связанных одним концептуальным отношением «выше-ниже». Системная интеграция указанных составляющих должна обеспечить построение полной онтологии электронного курса, в которой реализуется онтолого-информационная связь, как внутри самого курса, так и с другими, близкими по тематике курсами.

Рассмотрим детальнее указанные онтологические составляющие.

Первая составляющая, по сути, представляет собой содержание всех форм знаний (аналитической, табличной, графической и текстовой), которые содержатся в ЭК. Первые три формы представлены в виде отдельных полных списков аналитических выражений, таблиц и рисунков, имена которых соответствуют именам-обозначениям в тексте ЭК.

Текстовая форма представления знаний формируется следующим способом. Вершина структуры соответствует имени ЭК. Ниже дерево разветвляется соответственно делению текста на разделы, подразделы и т. д. При этом возможны три варианта:

- один раздел соответствует одной лекции (а имя раздела соответствует имени одной лекции);
- один раздел соответствует нескольким лекциям, тогда имена подразделов будут соответствовать именам лекций;
- несколько подразделов соответствуют одной лекции, тогда следует сформировать новый узел, который будет соответствовать имени лекции.

Формирование структуры первой составляющей онтологии в основном учитывает требования SCORM-стандарта к наполнению

электронных курсов. Оттого она названа SCORM-иерархией. Пример SCORM-иерархии электронного курса «Общие основы построения знание-ориентированных компьютерных систем» приведен на рис. 3.

Вторая составляющая онтологии ЭК представляет собой простую онтологию понятий (составленных из общих терминов), которые связаны между собой обобщенным концептуальным отношением «выше – на_одном_уровне – ниже». По сути, это есть начальная онтология концептуальных знаний электронного курса. Для среднего по объему электронного курса количество таких концептов равно приблизительно 20-ти.

Далее вокруг каждого такого концепта формируется множество концептов-терминов, элементы которого могут принадлежать как данному ЭК, так и другим курсам. При этом необходимо обеспечить семантическую связь как с SCORM-иерархией ЭК (данного и других, к которым входит выбранный термин-концепт), так и с глобальным глоссарием (в котором наиболее полно приведено определение термина). Таким образом, вторую составляющую онтологии ЭК назовем начальной онтологией электронного курса. На рис. 4 показан пример начальной онтологии для ЭК “Общие основы построения знание-ориентированных компьютерных систем”.

Отдельно следует выделить разработку мультимедийной формы представления знаний электронного курса, что полностью зависит от профессионального и педагогического уровня преподавателя.

Кратко опишем схему построения онтологии обобщенных тестов с привязкой к онтологии ЭК “Общие основы построения знание-ориентированных компьютерных систем” (рис. 3). Содержательное наполнение конкретными тестами указанной онтологии оставим преподавателю соответствующей дисциплины.

1. Вершиной O^T является, как правило, имя самого электронного курса.
2. Так как в подавляющем большинстве ответы на тесты формируются в текстовой форме (письменной или устной), то и тесты следует начинать формировать в ветви онтографа “Текстовое представление” ЭК.
3. Далее ранжирование форм представления знаний ЭК следует как последовательность “Аналитическое представление” → “Графическое представление” → “Табличное представление”.
4. Путь прохождения по онтографу следует начинать сверху вниз, исходя из предположения, что “чем дальше в лес, тем больше дров”.
5. Оценки (или баллы) за выполнение тестов выбираются методом экспертных оценок для разных контингентов обучающихся.

ОНТОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА

Общие основы построения знаниеориентированных компьютерных систем

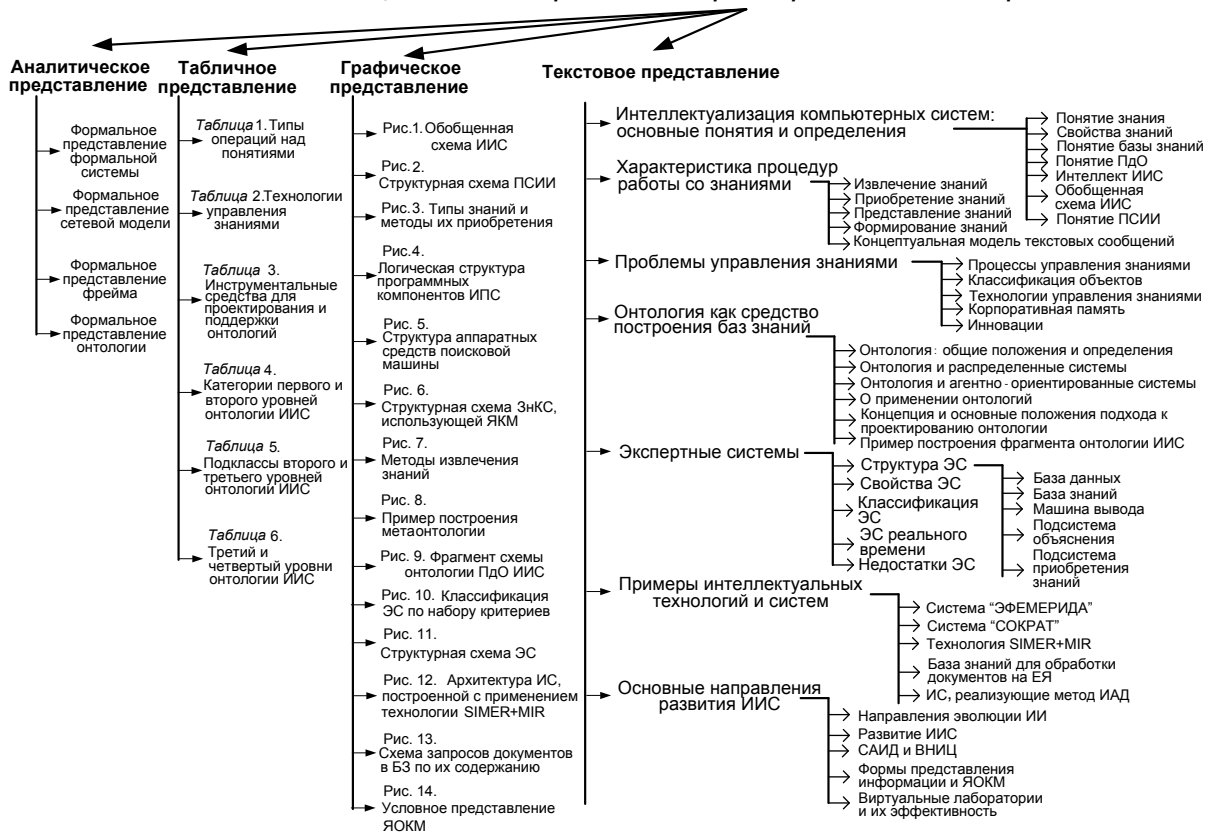


Рис. 3. Пример SCORM-иерархии электронного курса

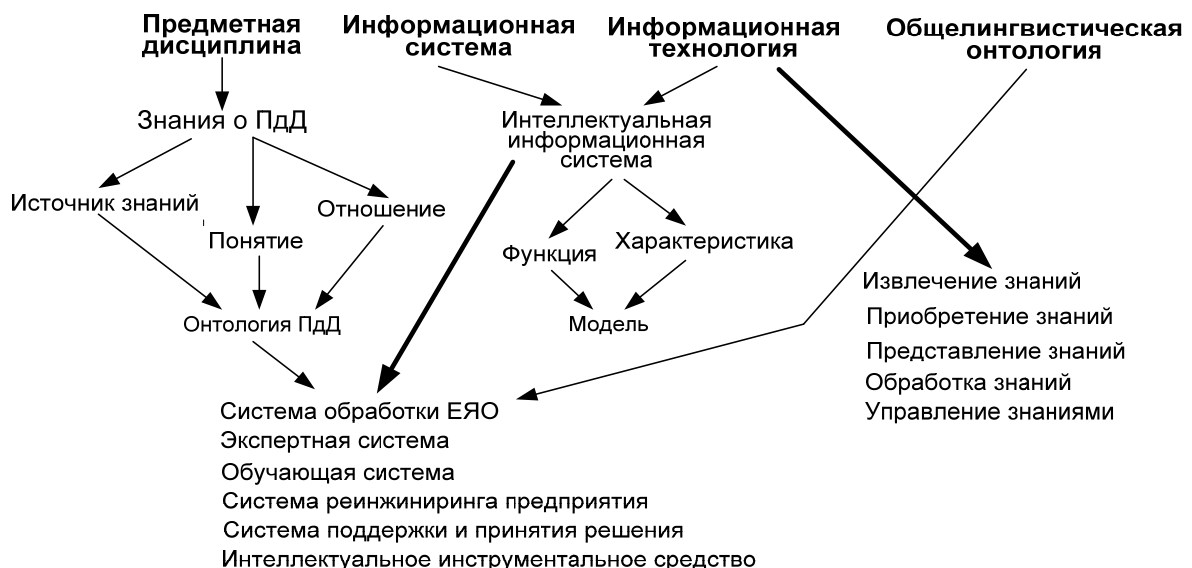


Рис. 4. Пример начальной онтологии электронного курса

Ниже описан еще один вариант составления тестов для предметных дисциплин.

Развитие систем тестового контроля знаний обуславливает актуальность автоматизации подготовки тестовых заданий, характеризующееся формализованностью знаний [4].

В литературе предлагаются подходы к контролю знаний, базирующийся на объективизации оценки учащегося.

В подходе, использующем семантические сети, предметная область тестируемого объекта представлена онтологией [5]. Структура онтологии расширяется дополнительными параметрами, характеризующими истинность фактов онтологической базы знаний для объекта. Задача тестирования сводится к задаче параметрической идентификации модели объекта. Представление онтологии в более общем виде (семантической сети) позволяет описать структуру связей объектов ПдД в виде бинарных предикатов. При этом можно использовать аппарат раскрашенных сетей Петри. Недостатком такого подхода является существенная трудоемкость построения сетей Петри и, как следствие, реализации метода.

В [6] предложена понятийно-тезисная модель представления знаний, на базе которой разрабатывается система автоматизированной генерации тестов для контроля знаний. Вместе с тем, в ней не учитывается полнота такого представления информации и о полноте теста, который должен быть представлен знанием обучаемым в качестве ответа.

В [7] предложен структурно-онтологический подход к контролю знаний. Учебный курс (V) представляется совокупностью $V = \langle P, Z, Q, Mo, Me, K, A \rangle$, где P – множество проблем; Z – множество целей; Q – совокупность задач; Mo, Me – соответственно множества моделей и методов, описанных в курсе; A – множество средств; K – совокупность критериев для оценки элементов множеств Mo, Me, A . Реализация такой оценки знаний является трудоемкой и субъективизированной.

Известен метод тестирования знаний с применением так называемой «эталонной» онтологии, построенной с помощью экспертных знаний, либо на основании знаний, полученных от сообщества студентов [8, 9]. Для проверки разности «эталонной» онтологии и онтологии, построенной студентом, используется онтологический тест, в котором терминам присваиваются весовые коэффициенты. По этим значениям онтология строится в виде графического представления, названного онтологическим графом. Далее следует решить задачу сравнения соответствующих онтологических структур. Для их сравнения предлагается использовать метод нечеткого структурного анализа онтологий, реализованный на основе структурного моделирования. При этом интегрированы только два основных типа тестовых

заданий: открытые и закрытые тесты. Следует также учитывать, что «эталонная» онтология, формируемая с помощью эксперта либо сообществом студентов, носит субъективный характер.

По сравнению с известными методами синтеза тестов [10, 11], онтологический подход [12] позволяет ускорить и упростить подготовку ЭК и тестов ПдД за счет использования уже имеющейся в «Библиотеке Онтологий» (БО) соответствующей онтологии и ее описания [1].

Для эффективного применения онтологического подхода для тестирования необходима разработка нового инструментария, обладающего такими характеристиками как: доступность для освоения неспециалистами в инженерии знаний; возможность использования добротных общезначимых онтологий ПдД; эффективная процедура сравнения онтологий построенной студентом с общезначимой онтологией ПдД.

Онтологический подход к синтезу тестов предполагает:

1) автоматизированное построение онтологии ПдД из ПдО с использованием БО, хранящейся в упомянутом выше Инструментальном Комплексе Онтологического Назначения;

2) автоматизированная визуальная разметка исходного учебного материала с выделением базовых терминов и отношений между ними;

3) использование описаний выделенных терминов БО ПдД;

4) использование шаблонов тестовых высказываний;

5) генерация дистракторов тестов (неправильных, но правдоподобных вариантов ответа) на основе терминов того же типа, что и правильный ответ и отношений между терминами;

6) определение в режиме реального времени последовательности вопросов в зависимости от предыдущих ответов.

Алгоритм автоматизированного синтеза тестов, реализующий вышеуказанные функции, включает следующие шаги:

1) получение из библиотеки онтологий онтологии, соответствующей ПдД;

2) визуализация онтологии ПдО и автоматизированный выбор терминов соответствующих ПдД;

3) автоматизированная визуальная разметка исходного учебного материала ПдД с выделением в нем базовых терминов теста;

4) настройка параметров теста (количество, формы, параметры форм и т. д.);

5) автоматизированное заполнение шаблонов тестов;

6) построение дистракторов;

7) определение логической последовательности вопросов в зависимости от предыдущих ответов;

8) автоматизированная верификация и корректировка тестов и дистракторов;

9) сохранение тестового задания в базе системы тестирования знаний.

Блок-схема алгоритма автоматизированного синтеза тестов представлена на рис. 5.

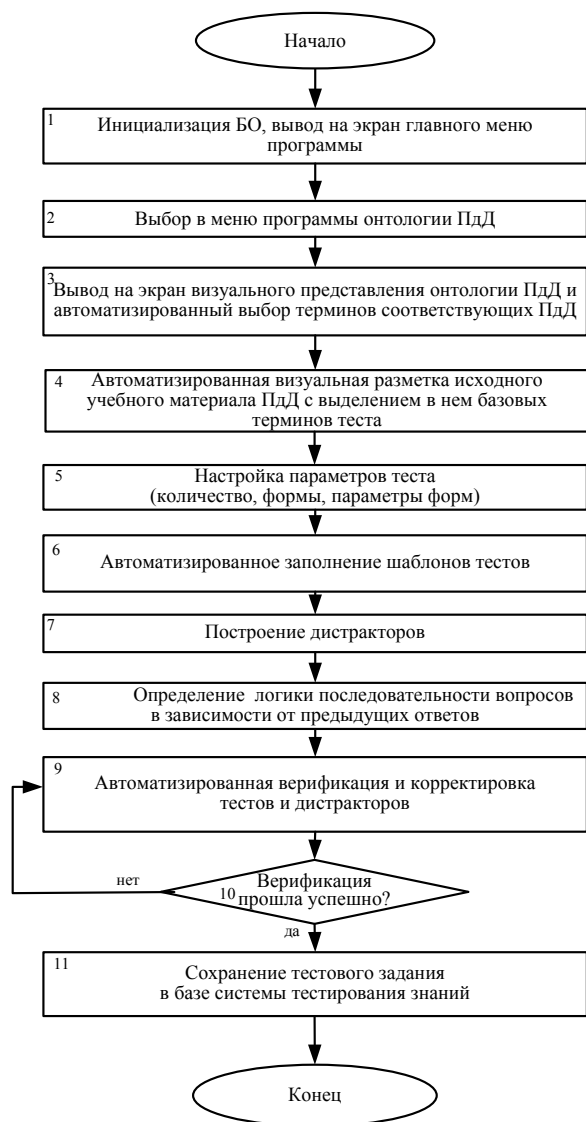


Рис. 5. Блок-схема алгоритма автоматизированного синтеза тестов

Ниже приводится описание работы алгоритма (рис. 5).

1. Запуск БО Инструментального комплекса, выбор необходимой онтологии, соответствующей ПдД.

2. Выбор онтологии в окне БО из области «Список онтологий».

3. Вывод на экран визуального представления фрагмента онтологии ПдД. Графическое представление онтологии будет представлено в виде онтографа, термины в котором представлены как вершины или узлы графа, а связи между терминами как дуги или ребра.

Автоматизированный выбор терминов соответствующих ПдД. Пользователь выбирает требуемые термины, которые вместе с их описаниями сохраняются для дальнейшего использования при генерации тестовых заданий.

4. Автоматизированная визуальная разметка исходного учебного материала ПдД с выделением в нем базовых терминов теста. Пользователь в диалоговом режиме выбирает требуемый материал для различных базовых терминов проектируемого теста из ранее выбранных понятий (см. п. 3).

5. Настройка параметров теста (количество, формы, параметры форм и т. д.). На этом этапе пользователь должен выбрать следующие параметры и специфику создаваемого теста:

- общее количество вопросов в тесте;
- расчет времени отведенного на прохождение тестирования;
- распределение вопросов по каждому из существующих типов тестов. Например: множественный выбор (вопрос имеет несколько ответов, правильными из которых, является один или несколько), на соответствие (требуется правильно сопоставить термины из двух списков), простой ответ (требуется вписать правильный ответ с клавиатуры);

- порядок заданий. Выбор обычного порядка вопросов в тесте или случайного. Если выбран обычный порядок, то сначала будут показаны задания одного типа, затем следующего. Если выбран случайный порядок, то все задания в тесте будут “перемешаны”.

6. Автоматизированное заполнение шаблонов тестов. Создание теста на основе уже созданной заранее формы-шаблона. Пользователю требуется заполнить следующие поля шаблона для нового теста:

- название создаваемого теста;
- порядковый номер текущего вопроса;
- текст вопроса;
- выбрать из ниспадающего списка тип вопроса;
- количество баллов за правильный ответ на вопрос.

7. Построение дистракторов – неправильных ответов, похожих на правильные по каким-либо критериям. Дистракторы могут формироваться двумя способами. Первый способ: автоматизированный. В диалоговом режиме работы программа предлагает пользователю выбрать автоматически сгенерированные неправильные ответы на основе правильного ответа или ввести свой вариант ответа с клавиатуры. Второй способ основан на результатах прохождения тестовых заданий типа “на дополнение” (вопросы, требующие ввода правильного ответа). Наиболее часто встречающиеся неправильные ответы при прохождении теста помечаются как дистракторы и в

дальнейшем используются при формировании тестового задания.

8. Определение логической последовательности вопросов в зависимости от предыдущих ответов (см. пример на рис. 5).

9. Автоматизированная верификация и корректировка тестов и дистракторов. После формирования теста запускается его автоматизированная проверка. Программа проверяет обязательное наличие как минимум одного правильного ответа в вопросе и наличие в вопросах дистракторов.

10. Сохранение тестового задания в базе системы тестирования знаний. Если проверка и корректировка проектируемого теста прошла успешно, то тест сохраняется в общей базе системы тестирования. После этого он становится доступным для прохождения.

Использование исходного учебного материала для синтеза тестов создаст возможности для интеграции информационных технологий и процессов обучения и контроля в e-learning.

В обучении и, в частности в e-learning, малая степень формализации объектов, характерна ситуация неопределенности, что снижает возможности построения математических моделей. Оптимизацию необходимо выполнять по нескольким критериям и иметь возможность компромиссов при их выборе. Моделирование в e-learning, в т.ч. контроля знаний, связано с объемным предварительным анализом объекта, проверкой различных гипотез с разнородными типами моделей, со сложными математическими зависимостями и громоздкими вычислениями.

При тестировании необходимо учесть субъективность оценки знаний и случайных отклонений у построенного проверяемого онтографа ПдД от “эталонного”. При онтологическом подходе можно воспользоваться иерархичностью онтографа. Очевидно, что чем больше номер уровня в онтографе, к которому относится изучаемый термин, тем глубже студент должен знать ПдД. Например, на рис.5 изображена ветвь онтографа ПдД БД. Для изучения понятия “Базисные средства манипулирования” студент должен знать все термины, расположенные по ветви выше („Информационные технологии”, „Технология БД”, ..., “Реляционная база данных”,...). Следовательно, оценки знаний можно связать с номером уровня в онтографе, к которому относится изученный термин. Кроме того, если студент не ответил на вопросы, связанные с понятием “Базисные средства манипулирования” (оценка 50 баллов по 100 балльной шкале), то можно в тесте обойти вопросы с более высокими уровнями в онтографе (“Реляционная алгебра”, “Замкнутость реляционной алгебры”, ..., “Специальные реляционные операции”) (рис. 6, 7).

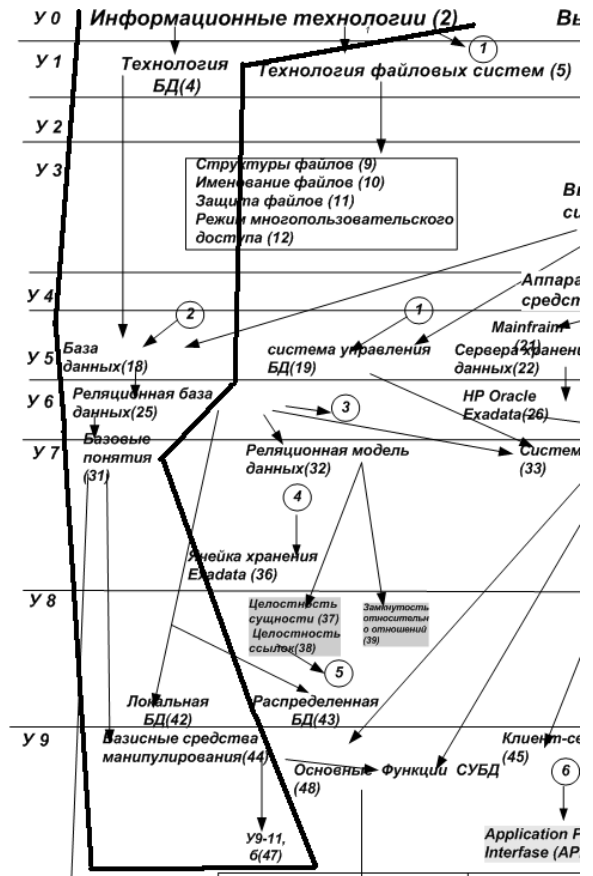


Рис. 6. Ветвь онтографа ПдД БД (Информационные технологии -...РБД-...реляционная алгебра-...замкнутость реляционной алгебры..., “Специальные реляционные операции”)

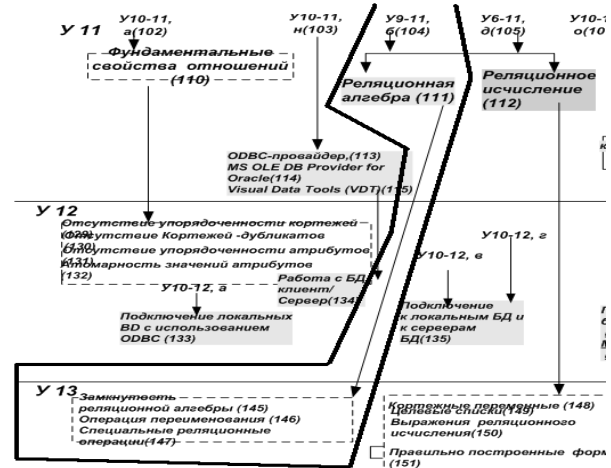


Рис. 7. Продолжение ветви онтографа ПдД БД (Информационные технологии-...РБД-...реляционная алгебра-...замкнутость реляционной алгебры..., „Специальные реляционные операции”)

Кроме того, результаты онтологизированного теста могут быть использованы для оценки качества ЭК. Например, построим графическое изображение распределения баллов по дисциплине, по количеству студентов, получивших этот балл. С увеличением балла уменьшается количество

студентов, его получивших. Эта тенденция объясняется тем, что на высший балл обычно претендует меньшее количество студентов. Такие тенденции можно моделировать зависимостями, графически представленными, как кривые типа кривой Парето (рис. 8) [13].

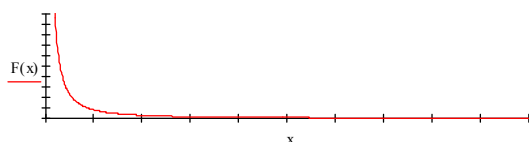


Рис. 8. Кривая Парето

То, что выше говорилось об иерархичности онтографа, относится и к каждой ветви онтографа. Следовательно, при тестировании на группе студентов возникает порожденное онтографом ПдД семейство распределений баллов по ветвям онтографа ПдД, изображаемых семейством кривых типа кривой Парето. При учете частных знаний по ветвям онтографа в общий балл по ПдД общая оценка вычисляется как сумма частных с коэффициентами. Следовательно, графическое изображение распределения баллов по дисциплине, по количеству студентов, получивших этот балл, будет кривая типа кривой Парето. По распределению баллов по количеству студентов с использованием метода наименьших квадратов

(МНК) можно подобрать параметры кривой S типа Парето, наиболее близкой к этому распределению. Аналогичным образом можно построить семейство кривых типа Парето $\{V_i\}$, отвечающих семейству распределений баллов по ветвям онтографа ПдД. Поскольку S отвечает усредненному по ветвям онтографа распределению баллов по дисциплине, по количеству студентов, то для тех кривых из семейства $\{V_i\}$, которые расположены дальше от S , фрагменты ЭК им соответствующие требуют модификации.

Приведем пример построения кривой Парето. При анализе распределения баллов по дисциплине БД в нескольких группах учащихся получены следующие результаты (рис. 9, рис. 10):

На рис. 9 в строке n расположены номера баллов, в строке b – возможные баллы при тестировании по ПдД БД (от полученных минимальных до полученных максимальных), в строке St – количество учащихся, получивших данный балл.

На рис. 10 по оси b расположены баллы, по оси St – количество учащихся, получивших данный балл. Видно, что разброс баллов относительно невелик, что согласуется с данными, описанными в [14].

Для моделирования искомой зависимости нормируем S_i (см. рис. 11, рис. 12).

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
b	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
St	9	0	0	0	0	16	0	0	0	0	8	0	8	0	0	5	0	4	5	0	0	0	0	0	0

n	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
b	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
St	4	0	0	4	0	0	0	0	5	0	6	4	0	4	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 9. Результаты распределения результатов по дисциплине БД

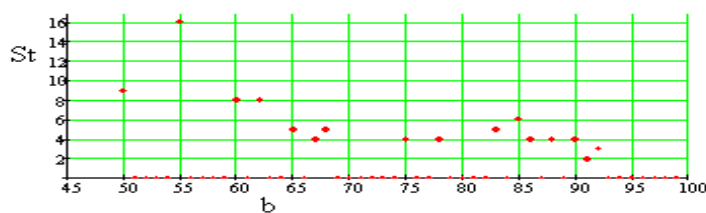


Рис. 10. Результат тестирования

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
St/100	0.09	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0.08	0	0.08	0	0	0.05	0	0.04	0.05	0	0	0	0	0	0

n	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
St/100	0.04	0	0	0.04	0	0	0	0	0.05	0	0.06	0.04	0	0.04	0	0.04	0.02	0.03	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 11. Нормированные значения S_i

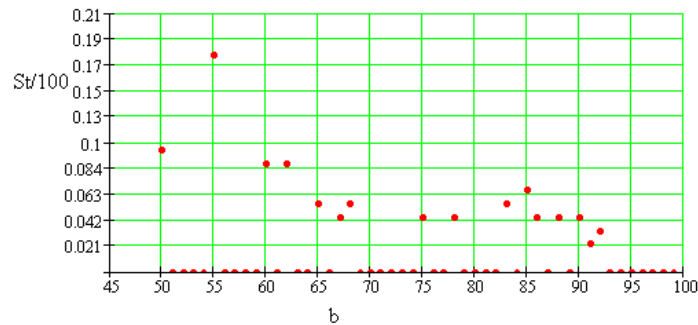


Рис. 12. Нормировочный коэффициент количества учащихся, получивших данный балл

На рисунке 11 в строке n расположены номера тестируемых студентов, в строке $St/100$ – нормированный коэффициент количества учащихся, получивших данный балл.

Подберем кривую типа Парето по методу наименьших квадратов (рис. 13).

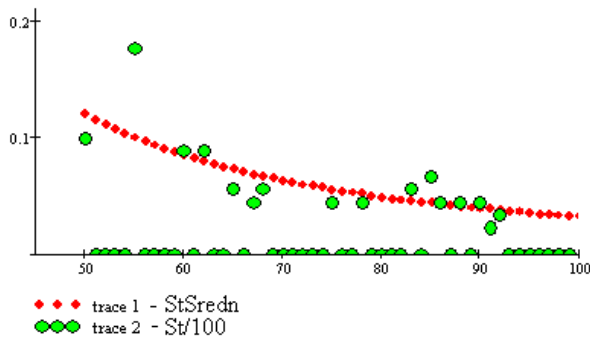


Рис. 13. Кривая типа Парето для нормированного коэффициента количества учащихся, получивших данный балл

На рис. 13 по оси “trace1” – кривая типа Парето, “trace2” – нормированный коэффициент количества учащихся, получивших данный балл.

Кривая на рис. 13 показывает усредненное распределение баллов в группе и позволяет определить средний теоретический балл выбранной группы по данной ПдД.

Конечно, эта оценка зависит и от случайности процесса, обусловленного индивидуальными особенностями обучаемых. Кроме того, вид зависимости может уточняться. Однако при наборе статистики случайные отклонения будут учтены и вид зависимости будет более правдоподобен.

Отметим, что при наборе статистики на значительном количестве студентов, вышеуказанные зависимости (кривые Парето) становятся мерой правдоподобия курса для данного контингента учащихся. Во-первых, если средний балл малый, то это показатель недоработки курса под данный контингент. Во вторых, если распределения оценок отклоняются от кривых типа Парето, то курс неадекватен поставленным целям. В третьих, по каждой ветви онтологии ЭК можно

получить подобные распределения и по отклонениям от Парето судить, какой фрагмент ЭК вносит наибольшие отклонения от поставленной цели курса.

Возникает также задача адекватности оценки знаниям и ее объективности в дистанционном обучении. Понятно, что балл неоднозначен для разных контингентов учащихся. «100» по дисциплине «Информатика» для студентов специальности «Документоведение и информационная деятельность» (ДИД) и для специальности «Информатика» подразумевает разные требования. Для студентов специальности «Информатика» более углубленно изучается SQL, с оптимизацией запросов и т. д.

Таким образом «100» – это, с одной стороны оценка наивысшего уровня, доступного данному контингенту, с другой стороны, как уже отмечалось выше, оценка – это проверка адекватности курса на соответствие данному контингенту обучающихся и поставленным целям, а также объективности оценки знаний.

Выводы. Рассмотрены концептуальные положения системологии междисциплинарных научных исследований и предложены средства ее реализации в виде архитектуры знание-ориентированной информационной системы. Также рассмотрены концептуальные положения предлагаемой интерпретации онтологического подхода в образовании. Синтезирована концептуальная модель предметной дисциплины, рассмотрен пример построения ее онтологии и онтологии обобщенных тестов.

Структурированность учебно-методических материалов, насыщенность их терминами и определениями позволяет эффективно использовать онтологические модели в образовательной технологии, в том числе и в тестовых заданиях. Инструментарий компьютерных онтологий позволяет представить множество ее объектов и отношений между ними в явном виде и автоматизировать часть трудоемких этапов построения учебно-методических тестов.

Полнота охвата предметной области, выраженная в множестве ответов и базирующаяся на общезначимой онтологии предметной области,

объективизирует процесс тестирования. В концепцию моделей оценивания знаний необходимо включать возможность набора и обработки статистики, проверки адекватности курса с использованием распределения баллов, автоматического определения оценки по полученным баллам, а также разнородные типы моделей, со сложными математическими зависимостями и визуализацию результатов моделирования.

Литература

1. Палагин А. В. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / А. В. Палагин, С. Л. Кривый, Н. Г. Петренко. – [Монография]. – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 324 с.
2. К проектированию архитектуры компонент ЗОИС для перспективных научных исследований // [А. В. Палагин, Н. Г. Петренко, В. Н. Кулаковский, М. П. Слабковская]. – Бюника інтелекта. – 2013. – №2 (81) – С.105 – 109.
3. Палагин А. В. Системная интеграция средств компьютерной техники / А. В. Палагин, Ю. С. Яковлев. – Винница : УНІВЕРСУМ. – 2005. – 680 с.
4. Давыдова Н. А. Автоматизированный синтез тестовых заданий для систем педагогического контроля знаний / Давыдова Н. А., Рудинский И. Д. // „Информатизация образования и науки”. – 2013. – № 1 (17).
5. Копылова Е.В. Тестирование объектов методом адаптивного обхода онтологии // Сб. науч. тр. НГТУ. – 2005. – № 4. – С. 17 – 23.
6. Титенко С. В. Семантична модель знань для цілей організації контролю знань у навчальній системі / Титенко С. В., Гагарін О. О. // Сб. трудов VI Межд. конф. «Интеллектуальный анализ информации – 2006». – Киев. – 2006. – С. 298 – 307.
7. Нетавская Е. Т. Структурно-онтологический подход к оптимизации процессов контроля знаний / Нетавская Е. Т. // Штучний інтелект. – Черкаси : Черк. гос техн. ун-т. – 2006. – №4. – С. 541 – 547.
8. Tazaki E. Structural modeling in a class of systems using fuzzy sets theory [Text] / Eiichiro Tazaki, Michio Amagasa // Fuzzy Sets and Systems. – 1979. – № 2. – P. 87 – 103.
9. Морозова О.И. Метод нечеткого структурного анализа онтологий [Текст] / О. И. Морозова, А. Ю. Соколов, В. М. Хуссейн // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – 2010. – Вип. 5 (86). – С. 104 – 107.
10. Сергушичева А. П. Гибридный подход к синтезу тестовых заданий в тестирующих системах / Сергушичева А. П., Швецов А. Н. // МКО. – 2006. – С. 215 – 228.
11. Титенко С. В. Практична реалізація технології автоматизації тестування на основі понятійно-тезисної моделі / Титенко С. В., Гагарін О. О. // Сб. науч. тр. 10-й Межд. конф. Украинской ассоциации дистанционного образования „Образование и виртуальность”. – Харьков – Ялта : УАДО. – 2006. – С. 401 – 412.
12. К вопросу автоматизированного построения онтологии предметной дисциплины для электронных курсов обучения / [А.В. Палагин, Н.Г. Петренко, Ю.Л. Тихонов, В.Ю. Величко]. – Вісн. Східноукр. ун-ту ім. В. Даля. – 2010. – №10 (152). – С. 169 – 172.
13. Ланге О. Теория статистики / Ланге О., Банасинский А. – М : Статистика. – 1979. – 399 с.
14. Алешин Л. И. Контроль знаний в дистанционном обучении: аспекты проблемы / Алешин Л. И. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://laleshin.narod.ru/kzdo-ap.htm>.

References

1. Palagin A. V. Ontologicheskie metody i sredstva obrabotki predmetnyh znaniy / A. V. Palagin, S. L. Kryvyj, N. G. Petrenko. – [Monografija]. – Lu-gansk: izd-vo VNU im. V. Dalja, 2012. – 324 s.
2. K proektirovaniju arhitektury komponent ZOIS dlja perspektivnyh nauchnyh issledovanij // [A. V. Palagin, N. G. Petrenko, V. N. Kulakovskij, M. P. Slabkovskaja]. – Bionika intelektualn. – 2013. – №2 (81) – С.105 – 109.
3. Palagin A. V. Sistemnaja integracija sredstv komp'juternoj tehniki / A. V. Palagin, Ju. S. Jakovlev. – Vinnica : UNIVERSUM. – 2005. – 680 s.
4. Davydova N. A. Avtomatizirovannyj sintez testovyh zadaniy dlja sistem pedagogicheskogo kontrolja znaniy / Davydova N. A., Rudinskij I. D. // „Informatizacija obrazovanija i nauki”. – 2013. – № 1 (17).
5. Kopylova E.V. Testirovanie ob#ektov metodom adaptivnogo obhoda ontologii // Sb. nauch. tr. NGTU. – 2005. – № 4. – С. 17 – 23.
6. Titenko S. V. Semantichna model' znan' dlja cilej organizacii kontrolju znan' u navchal'nij sistemi / Titenko S. V., Gagarin O. O. // Sb. trudov VI Mezhd. konf. «Intellektual'nyj analiz informacii – 2006». – Kiev. – 2006. – S. 298 – 307.
7. Netavskaja E. T. Strukturno-ontologicheskij podhod k optimizacii processov kontrolja znaniy / Netavskaja E. T. // Shtuchnij intelekt. – Cherkasi : Cherk. gos tehn. un-t. – 2006. – №4. – S. 541 – 547.
8. Tazaki E. Structural modeling in a class of systems using fuzzy sets theory [Text] / Eiichiro Tazaki, Michio Amagasa // Fuzzy Sets and Systems. – 1979. – № 2. – P. 87 – 103.
9. Morozova O. I. Metod nechetkogo strukturnogo ana-liza ontologii [Tekst] / O. I. Morozova, A. Ju. Sokolov, V. M. Hussejn // Sistemi obrobki informacii : zb. nauk. pr. – 2010. – Vip. 5 (86). – S. 104 – 107.
10. Sergushicheva A. P. Gibridnyj podhod k sintezu testovyh zadaniy v testirujushhij sistemah / Sergushicheva A. P., Shvecov A. N. // MKO. – 2006. – S. 215 – 228.
11. Titenko S. V. Praktichna realizacija tehnologii avtomatizacii testuvannja na osnovi ponjatijno-tezisioni modeli / Titenko S. V., Gagarin O. O. // Sb. nauch. tr. 10-j Mezhd. konf. Ukrainskoj asociacii distancionnogo obrazovanija „Obrazovanie i virtu-al'nost'”. – Har'kov – Jalta : UADO. – 2006. – S. 401 – 412.
12. K voprosu avtomatizirovannogo postroenija ontolo-gii predmetnoj discipliny dlja jelektronnyh kursov obuchenija / [A.V. Palagin, N.G. Petrenko, Ju.L. Tihonov, V.Ju. Velichko]. – Visn. Shidnoukr. un-tu im. V. Dalja. – 2010. – №10 (152). – S. 169 – 172.
13. Lange O. Teorija statistiki / Lange O., Banasin'skij A. – M : Statistika. – 1979. – 399 s.
14. Aleshin L. I. Kontrol' znaniy v distancionnom obuchenii: aspekty problemy / Aleshin L. I. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu : <http://laleshin.narod.ru/kzdo-ap.htm>.

Палагін О. В., Петренко М. Г., Величко В. Ю., Могильний Г. А., Тихонов Ю. Л., Семенков В. В., Онопченко С. В. До питання застосування онтологічного підходу в освіті.

У роботі розглянуті концептуальні положення системології міждисциплінарних наукових досліджень та запропоновані засоби її реалізації у вигляді архітектури знання-орієнтованої інформаційної системи. Відповідно до міждисциплінарним підходом до дослідження комплексних науково-технічних проблем, в тому числі в системі освіти, пропонується системно-онтологічний підхід центральною ідеєю якого є розробка онтологічних засобів підтримки рішення прикладних задач. У роботі описано приклад побудови онтології електронного курсу для зазначеної предметної дисципліни, представлена блок-схема алгоритму автоматизованого синтезу тестів.

Запропоновано онтологічний підхід до оцінки знань, що використовує ієрархічність онтографа. Показано, як результати онтологізованого тесту можуть бути використані для оцінки якості електронного курсу

Ключові слова: управління знаннями, міждисциплінарні дослідження, комп'ютерна онтологія, електронний курс.

Palagin A., Petrenko N., Velichko V., Mogilny G., Tikhonov Y., Semenkov V., Onopchenko S. The question of ontological approach to education

The paper considers the conceptual provisions of systemology of interdisciplinary scientific research and provides the means of its implementation in the form of knowledge-oriented information system's architecture. In accordance to the interdisciplinary approach to the study of complex scientific and technical problems, also in the education system, system-ontological approach is proposed, the central idea of which is ontological development of decision-support applications. The paper describes the example of ontology e-course's construction for the specified subject discipline. Block diagram's algorithm of the

automated synthesis tests is presented in the paper. We propose the ontological approach to evaluating of knowledge with the use of hierarchical ontograf. It is shown how the results of ontologize's test can be used for the quality assessment of e-learning course.

Keywords: knowledge management, interdisciplinary research, computer ontology, e-course.

Палагін Олександр Васильович – академік НАН України; заступник директора Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України; e-mail: palagin_a@ukr.net

Петренко Микола Григорович – к.т.н., старший науковий співробітник, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України; e-mail: petrng@ukr.net

Величко Віталій Юрійович – к.т.н., доц., Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України; e-mail: velychko@aduis.com.ua

Могильний Геннадій Анатолійович – к.т.н., доц., завідувач кафедри ІТС, директор Інституту фізики, математики та інформаційних технологій ДЗ „Луганський національний університет імені Тараса Шевченка”; e-mail: zavkafinfo@lnpu.edu.ua

Тихонов Юрій Леонтійович – к.т.н., доц., доцент кафедри ІТС ДЗ „Луганський національний університет імені Тараса Шевченка”; e-mail: t2003i@mail.ru

Семенков Віталій Васильович – аспірант кафедри ІТС ДЗ „Луганський національний університет імені Тараса Шевченка”; e-mail: semvitaliy@gmail.com

Онопченко Світлана Володимирівна – к.п.н., доц., доцент кафедри ІТС ДЗ „Луганський національний університет імені Тараса Шевченка”; e-mail: osv260176@rambler.ru

Рецензент: **Даніч В.М.**, д.т.н., професор.

Статья подана 27.03.14