

Визначено вимоги до організації знань комп'ютеризованих навчальних систем. Розроблено семантичну модель знань навчальної системи на основі онтології. Розроблено методи пошуку траєкторії навчання на семантичних графах навчальних матеріалів

Ключові слова: комп'ютеризована навчальна система, семантичний граф, онтологія, модель знань

Определены требования к организации знаний компьютеризированных обучающих систем. Разработана семантическая модель знаний обучающей системы. Разработаны методы автоматического поиска траектории обучения на семантических графах обучающих материалов

Ключевые слова: компьютеризированная обучающая система, семантический граф, онтология, модель знаний

The requirements to the knowledge organization of the computerized courseware are determined. The semantic model of the courseware knowledge is developed on the basis of ontology. The methods of the instruction path searching are developed on the semantic graphs of the tutoring materials

Keywords: e-learning system, semantic graph, ontology, knowledge representation model

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК ТРАЕКТОРИИ ОБУЧЕНИЯ НА СЕМАНТИЧЕСКИХ ГРАФАХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Л. Данченко

Ассистент*

Контактный тел.: 050-655-07-01

E-mail: danchenko.alla@fcs.snu.edu.ua

Е. И. Быбко

Старший преподаватель*

*Кафедра «Системная инженерия»

Контактный тел.: 050-718-33-44

Восточноукраинский национальный университет имени

Владимира Даля

кв. Молодежный, 20а, г. Луганск, Украина, 91034

1. Введение

Быстрый рост объемов информации в различных отраслях науки и производства на фоне быстрого устаревания этой информации является причиной «непрерывного обучения в течение всей жизни» [1]. Обучение может производиться самостоятельно либо на базе учебных учреждений и центров. Исследования в области разработки компьютеризированных обучающих систем (КОС), позволяющих эффективно организовать учебный процесс «без отрыва от производства» и обеспечить максимально высокий уровень знаний обучаемых, а также снизить затраты на обучение, являются актуальной задачей, востребованной со стороны учебных центров и учреждений, работодателей и самих обучаемых.

2. Постановка проблемы

Решение любой задачи предполагает наличие необходимых знаний и навыков, при этом знания и навыки могут быть приобретены непосредственно в ходе решения текущей задачи. Задачи можно разделить на практи-

ческие (цель – результат решения задачи) и обучающие (цель – процесс обучения [2]). Производственный процесс ставит, в основном, практические задачи, учебный процесс основан на обучающих задачах с целью подготовки к решению практических задач в производственных процессах. Качественное и последовательное изложение информации позволяет эффективно получать знания. Особенности задачи определяют уникальный набор информации в каждом конкретном случае. Определение оптимального набора обучающей информации средствами КОС является сложной нетривиальной задачей, которая на сегодняшний день не решена.

Целью статьи является разработка метода поиска обучающей последовательности учебных материалов на основе семантической модели представления знаний учебных материалов.

3. Анализ существующих решений в области моделей представления знаний и логического вывода КОС

КОС – это интеллектуальная система, основанная на знаниях и правилах. Как и экспертная система, КОС

должна содержать следующие основные части: база знаний, механизм вывода, подсистема приобретения знаний, подсистема объяснений, интерфейс эксперта и интерфейс пользователя. При этом функциональность КОС выходит за рамки функциональности обучающей экспертной системы, так как предметная область, эксперты и пользователи всегда недоопределены.

База знаний КОС должна предоставлять достаточно информации для организации обучения и при этом не зависеть от предметной области. Преподаватель на основе собственного опыта и интуиции определяет границы изучаемой дисциплины, темы, понятия, но при этом ориентируется на «среднего ученика», что неэффективно. КОС должна обладать интеллектуальными способностями определения набора информации для каждого ученика индивидуально. «Интеллектуальность» КОС значительно определяется моделью базы знаний. Рассмотрим существующие модели представления знаний и функционирующие базы, удовлетворяющие требованиям организации учебного процесса:

- знания классифицированы по учебным предметным областям (УчПрО);
- какие-либо ограничения на УчПрО отсутствуют;
- знания организованы в иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации;
- знания динамически группируются в упорядоченную последовательность тем в зависимости от дисциплины;
- наличие междисциплинарных связей между знаниями;
- обеспечение целостности и связности понятий в рамках темы;
- обеспечение целостности и связности тем в рамках дисциплины;
- гарантированная разрешимость логического вывода.

3.1. Тезаурус WordNet®

WordNet® - огромная лексическая англоязычная база знаний [3]. WordNet полезна исследователям-лингвистам, но, как база знаний КОС, слишком избыточна, ориентирована на лексикосемантический анализ и исключительно англоязычная. Тезаурус не позволяет организовать иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации, динамическую группировку в упорядоченную последовательность тем в зависимости от дисциплины, не обеспечивает гарантированную разрешимость логического вывода. Сегодня ведутся разработки платных аналогов на других языках, русскоязычный WordNet находится в стадии разработки [4]. При выполнении картирования с онтологиями других разработчиков отмечены ошибки целостности и непротиворечивости связей, неточности в категориях, семантических значениях слов [5]. В обучающих системах тезаурус может быть использован при изучении иностранных языков.

3.2. Онтология SUMO

Онтология SUMO (Suggested Upper Merged Ontology) [6] – формальная онтология, полностью картированная с WordNet, DBPedia и Wikipedia. SUMO расширена за счет интеграции с другими онтологиями, в объединенном виде насчитывает 20399 понятий, 67108 аксиом и 2500 правил. Структура онтологии SUMO представлена на рис. 1.

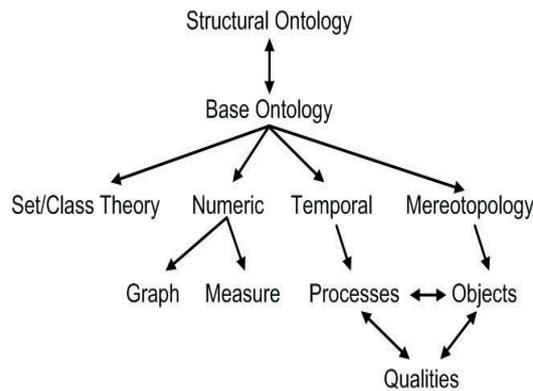


Рис. 1. Структура SUMO

Организация знаний SUMO соответствует общим представлениям знаний о мире, отличным от классификации по УчПрО, что не позволяет организовать иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации, а также динамическую группировку в упорядоченную последовательность тем в зависимости от дисциплины, отсутствие русскоязычной поддержки затрудняет быструю интеграцию с SUMO.

3.3. Модель SKOS

Модель SKOS (простая система организации знаний) [7], является рекомендацией консорциума W3C. SKOS ориентирована на большие хранилища знаний: библиотеки, музеи и предназначена для обмена знаниями через Web.

SKOS не позволяет организацию знаний в иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации и выполнение динамической группировку в упорядоченную последовательность тем в зависимости от дисциплины. Иерархические и ассоциативные связи SKOS способны обеспечить междисциплинарные связи, но при этом возможна ситуация неразрешимости логического вывода, что является недопустимым для разрабатываемой системы.

3.4. Модель учебного Web-контента Tree-Net

Модель учебного контента [8] Tree-Net представлена на рис. 2.

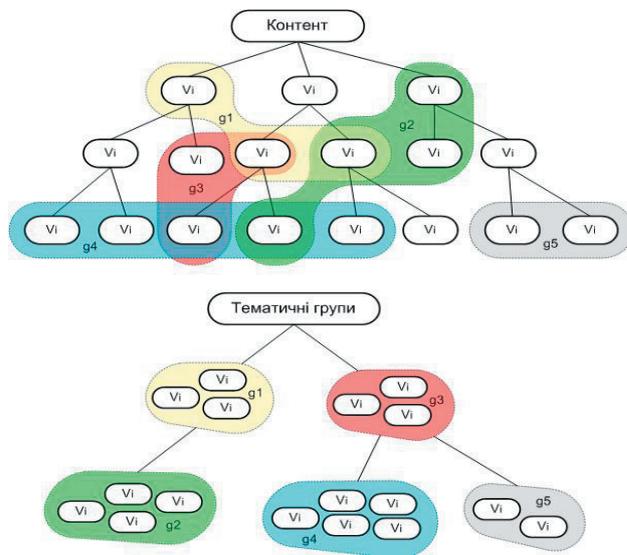


Рис. 2. Схема Tree-Net модели

В данной модели межпредметные и внутрипредметные связи организованы на тематических группах контента. Как видно из схемы, понятия организованы в жесткую иерархию в виде деревьев. При этом тематические группы объединяют в себе несвязанные понятия, что нарушает логику и структуру изложения учебных материалов. Формирование учебных курсов выполняется на основе тематических групп, при этом, как видно из схемы, темы g2, g4, g5 находятся на одном уровне иерархии тем, также как g1 и g3, что противоречит исходной структуре понятий и формирует некорректную последовательность изучения в условиях автоматизированной обработки.

Использование модели Tree-Net не обеспечивает целостность и связность понятий в рамках темы, целостность и связность тем в рамках дисциплины и гарантированную разрешимость логического вывода.

Рассмотренные модели представления знаний не соответствуют таким требованиям КОС как классификация знаний по УчПрО (WordNet, SUMO), организация знаний в иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации (WordNet, SUMO, Tree-Net), возможность динамической группировки последовательности обучения в зависимости от дисциплины (WordNet, SUMO, Tree-Net, SKOS), наличие и возможность обнаружения междисциплинарных связей между знаниями в ходе логического вывода (WordNet, SUMO), обеспечение целостности и связности изложения понятий в рамках темы (WordNet, SUMO, Tree-Net, SKOS), обеспечение целостности и связности тем в рамках дисциплины (WordNet, SUMO, Tree-Net, SKOS), гарантированная разрешимость логического вывода (WordNet, SUMO, Tree-Net, SKOS).

Необходима разработка модели представления знаний и методов поиска обучающей последовательности, удовлетворяющая данным требованиям.

4. Модель базы знаний КОС

Интеллектуальные возможности КОС определяются моделью представления знаний системы и правилами логического вывода. Учебные материалы не поддаются жесткой формализации, основаны на семантическом смысле, в основном представлены в виде связного текста. Отсутствие жестких требований к объему, формату, внутреннему содержанию, порядку изложения затрудняет автоматическую обработку.

Определим необходимый набор правил модели представления знаний КОС. Минимальной единицей информации является понятие (Term). Понятия связаны с темами дисциплин (Discipline), количество вхождений в различные темы (Theme) не ограничено. Набор тем определяет состав дисциплины. Понятия однозначно определены в предметной области, которая есть иерархия вида Направление (B) ⇒ Группа специальностей (GS) ⇒ Специальность (S). Понятия разных предметных областей несут в себе различный семантический смысл. Отличие и эквивалентность двух понятий разрешимо только по отношению к предметной области. Одинаковые по произношению и написанию понятия могут иметь разное семантическое значение в разных УчПрО. И наоборот, разные по звучанию и написанию понятия могут быть эквиваленты на пересечении УчПрО.

Минимальной единицей представления информации является обучающий объект (LO – learning object): видео, аудио, текст, программа-симулятор и т.д. Обучающий объект является неким визуальным представлением произвольного вида, объема и формата, определяющим тему на множестве понятий. Информация должна быть логически завершенной для возможности независимого повторного доступа.

В обучении порядок изложения имеет значение. Понятия могут быть базовыми по отношению к другим понятиям, ссылаться на другие понятия, быть эквивалентными друг другу, не иметь связей друг с другом.

Плановая дисциплина содержит упорядоченный набор тем для изучения и контроля на множестве понятий, обязательных для изучения. Рабочая дисциплина (тема) обучаемого содержит обязательный минимум понятий для контроля, дополненный набором понятий для изучения и обучающего контроля в зависимости от индивидуальных характеристик обучаемого. Направление и специальность дисциплины определяется направлениями и специальностью набора понятий данной дисциплины, т.е. определяется объединением пересечений УчПрО понятий.

Схема семантической структуры КОС представлена на рис. 3.

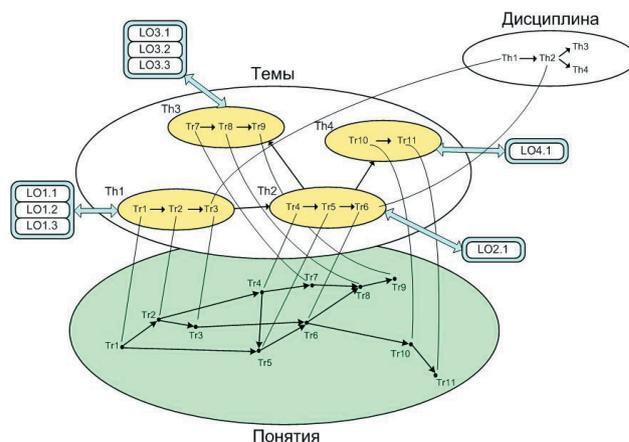


Рис. 3. Схема семантической структуры КОС

На этапе разработки набор дисциплин, тем, понятий и связей не известен. Формально знания КОС представим в виде:

$$\text{КОС} = \langle \text{Trm}, \text{Th}, \text{LO}, \text{D}, \text{B} \rangle, \quad (1)$$

где $\text{Trm} = \{\text{tr}_1, \text{tr}_2, \dots, \text{tr}_n\}$ – множество понятий-терминов КОС;

$\text{Th} = \{\text{th}_1, \text{th}_2, \dots, \text{th}_m\}$ – множество тем КОС;

$\text{LO} = \{\text{lo}_1, \text{lo}_2, \dots, \text{lo}_k\}$ – множество объектов визуализации (ОВ) знаний КОС;

$\text{B} = \{\text{b}_1, \text{b}_2, \dots, \text{b}_i\}$ – набор направлений, трехуровневая иерархия вида Направление (B) ⇒ Группа специальностей (GS) ⇒ Специальность (S);

$\text{D} = \{\text{d}_1, \text{d}_2, \dots, \text{d}_j\}$ – набор плановых дисциплин КОС.

Понятия КОС представляют собой структуру в виде семантического графа. Принадлежность понятия к той или иной теме определяет порядок изложения тем внутри дисциплины. Подграф понятий темы есть ориентированное дерево. Таким образом, для каждого подграфа темы должны выполняться условия:

1. Существует один корень дерева T .

2. Остальные узлы (за исключением корня) распределены среди m непересекающихся множеств T_1, \dots, T_m , и каждое из множеств является деревом.

3. Деревья T_1, \dots, T_m называются поддеревьями данного корня T .

Узлы, не удовлетворяющие данным условиям, должны быть удалены либо перемещены в другой подграф, что обеспечивает отсутствие циклов и изолированных вершин (изолированная вершина в данном случае является лишним понятием, нарушающим логику и связность изложения).

Построение семантического графа понятий предусматривает шкалирование понятий относительно друг друга. Понятия находятся в отношении «ВЫШЕ-НИЖЕ»: новое понятие может быть усвоено, если усвоены все необходимые базовые отношения. Определение таких связей может осуществляться только экспертом.

Метод парных сравнений подходит для небольшого количества (не более 10-12) объектов, относительно эквивалентных по характеристикам, когда однозначно определить приоритет каждого объекта не удается и принимается во внимание только одна характеристика объекта (как правило, важность или необходимость). Парно сравниваются каждые два объекта и определяется первенство одного из них. На основании совокупности парных сравнений строится окончательная иерархия выбора.

Для построения иерархии понятий КОС введем отношение транзитивности. Тогда эксперт определяет только инцидентность соседних вершин графа понятий, определяя приоритет одной из вершин. Таким образом, если tr – вершина графа G , а $P(tr_i, tr_j)$ – приоритет вершины tr_i , имеет место свойство транзитивности:

$$\exists x(G) = ((P(tr_i, tr_j) \wedge P(tr_j, tr_k)) \rightarrow P^t(tr_i, tr_k)). \quad (2)$$

Таким образом, КОС использует два типа отношений «ВЫШЕ-НИЖЕ», явно указанные связи имеют приоритет и используются при разрешении конфликтов приоритета понятий.

Нарушение транзитивности предпочтений нарушает целостность данных, поэтому система КОС должна обеспечить непротиворечивость данных, что может быть получено блокированием добавления противоречивых фактов. Это допустимо, если эксперты способны оперативно взаимодействовать, либо организацией механизма устранения конфликтов на основе приоритета экспертов. Если система не может определить приоритет эксперта, необходимо выполнять разделение информационных пространств экспертов до устранения конфликта.

При добавлении знаний в базу знаний КОС выполняется шкалирование понятий относительно друг друга, привязка к теме (темам) и к ОВ. Тема может содержать только связанные понятия. Построение дисциплины выполняется привязкой тем к дисциплине.

Оптимальная траектория обучения на текущий момент выполняется двумя способами, так как не учитывается модель ученика:

- по запросу пользователя (индивидуальная траектория);

- построение плановой траектории.

Формирование индивидуальной траектории T по запросу пользователя выполняется в виде построения дерева иерархии изучаемых понятий:

$$T = \text{tree}(q, P^t(tr), P(tr)), \quad (3)$$

где tree – функция построения дерева;

q – искомое понятие, корень искомого дерева T ;

$P^t(tr)$ – количество транзитивных приоритетов промежуточного узла;

$P(tr)$ – количество явных приоритетов узла, для разрешения конфликтов транзитивного приоритета. Явный приоритет более значим, чем транзитивный.

Листья полученного дерева имеют наивысший приоритет изучения и являются базовыми понятиями. Корень дерева имеет низший приоритет и изучается в последнюю очередь.

Построение дерева тем для дисциплины основано на приоритете понятий. Темы шкалируются автоматически транзитивным приоритетом, на основе приоритета понятий tr (2):

$$\exists \text{Th}(D) = ((P^t(tr_i \in Th_1, tr_j \in Th_m) \wedge P^t(tr_j \in Th_m, tr_k \in Th_n)) \rightarrow P^t(Th_1, Th_n)). \quad (4)$$

Дерево искомой дисциплины d динамически строится на основе приоритетов понятий, транзитивных приоритетов понятий и транзитивных приоритетов тем:

$$T = \text{tree}(d, P^t(Th), P(tr), P^t(tr)). \quad (5)$$

5. Программная реализация поиска обучающей последовательности

Будем использовать технологии семантического веба для решения поставленной задачи. Преимущество технологий Semantic Web:

- Основаны на определении семантического смысла, значения через отношения (связи) между понятиями и правилами.

- Семантика определяется метаданными данных и находится вне логики приложения, что упрощает мероприятия по модернизации, расширению функциональности приложения, интеграцию с другими приложениями.

- Метаданные могут ссылаться на любой ресурс, имеющий URI.

- Метаданные могут храниться в любом ресурсе вне зависимости от того, на какой ресурс они ссылаются.

В основе семантического веба лежит понятие онтологии. Формально онтология представлена тройкой:

$$O = \langle X, R, F \rangle,$$

где X – множество понятий, терминов,

R – множество отношений,

F – множество правил.

Для решения поставленной задачи, достаточно, чтобы онтология обеспечила ответы на следующие вопросы:

- К какой предметной области относится данное понятие?

- Какими знаниями нужно обладать, чтобы изучить данное понятие?

Таблица 2

• С какими понятиями других предметных областей связано данное понятие?

Возьмем за основу дистанционный курс «Дискретная математика». Динамическую генерацию обучающей последовательности построим на семантических связях курса «Дискретная математика» [9].

Семантический конспект курса частично представлен в табл. 1.

Понятия привязаны к теме, связь с базовыми понятиями определяется шифром «НомерТемы.НомерБазовогоПонятия».

В рамках модуля «Теория графов» определено 62 понятия и 104 отношения типа гипонемии-гиперонемии между понятиями.

Таблица 1

Семантический конспект курса «Дискретная математика»

Тема	Понятие	Основано на
1. Основные понятия теории графов	1.1. Вершина	1.1
	1.2. Дуга	1.1
	1.3. Ребро	1.1, 1.2, 1.3
	1.4. Граф	...
	1.35. Взаимодостижимые вершины	1.33, 1.34
2. Типы графов	2.1. Нагруженный граф	1.7, 1.8
	2.2. Вес дуги, ребра	1.2, 1.3
	2.12. Цикломатическое число графа	2.11, 1.1, 1.3
3. Матричные представления графов	3.1. Матрица смежности	1.15
	3.2. Матрица инцидентности	1.5, 1.6
	3.10. Граф-конденсация	3.9
	3.11. База графа	3.10
4. Кратчайшее остовное дерево	4.1. Неориентированное дерево	1.8, 1.19, 1.20
	4.2. Ориентированное дерево	1.7, 1.19, 1.20
	4.3. Корень дерева	1.20
	4.4. SST графа Алгоритм Краскала	1.8, 2.6, 1.29, 4.1, 4.2, 4.3

Полагаем, что обучаемый изучает все, что предлагает система обучения. Для построения онтологии будем использовать редактор онтологий Protege 2004 [10], синтаксис RDF/OWL.

Для краткости в статье используется синтаксис Manchester OWL. Объявляем набор классов: Term (понятия), LO (обучающий объект визуализации - мультимедиа или текст), Discipline (дисциплина), Theme (тема), Branch (отрасль).

Объектные свойства представлены в табл. 2. А также объявляем два подкласса для точного определения УчПро:

```
Class: Speciality
SubClassOf: GroupOfSpeciality
Class: GroupOfSpeciality
SubClassOf: Branch
```

Решение задачи реализовано на языке Java, с использованием библиотеки Jena (библиотека для разработки SemanticWeb приложений, основана на W3C рекомендациях для RDF и OWL), ARQ (реализация поддержки SPARQL для Jena, позволяет использовать SQL-функции в запросах SPARQL [11]).

Объектные свойства онтологии КОС

Название свойства	Область	Диапазон	Является под-свойством	Дополнительные ограничения
hasSubThema	Theme	Discipline, Theme	themeRelation	InverseOf: isSubTheme
is-Term-Of-Speciality	Term	Speciality	branchRelation	InverseOf: hasSpecialityTerm
is-TermOf-Theme	Term	Theme	ThemeRelation	InverseOf: hasTermTheme
has-Theme-Of-Discipl	Discipline	Theme	discplRelation	InverseOf: isThemeOfDiscipl
isLOOf	LO	Term, Theme	loRelation	InverseOf: hasLO
isBaseOf	Term	Term	isBaseOf-Transitive	InverseOf: hasBase
hasTerm-Theme	Theme	Term	ThemeRelation	InverseOf: isTermOfTheme
is-Sub-Theme	Discipline, Theme	Theme	themeRelation	InverseOf: hasSubTheme
is-Base-Theme-Transitive	Theme	Theme	themeRelation	InverseOf: hasBaseTheme-Transitive Characteristic: Transitive SubPropertyChain: hasTermTheme o isBaseOfTransitive o isTermOfTheme
hasSpecialityTerm	Speciality	Term	branchRelation	InverseOf: isTermOfSpeciality
isBase-Of-Transitive	Term	Term	term-Base-Relation	InverseOf: hasBaseTransitive Characteristics: Transitive
hasBase	Term	Term	hasBase-Transitive	InverseOf: isBaseOf
has-Base-Transitive	Term	Term	term-Base-Relation	InverseOf: isBaseOfTransitive Characteristics: Transitive
hasLO	Term, Theme	LO	loRelation	InverseOf: isLOOf
has-Base-Theme-Transitive	Theme	Theme	themeRelation	InverseOf: isBaseThemeTransitive Characteristics: Transitive
isTheme-Of-Discipl	Theme	Discipline	discplRelation	InverseOf: hasThemeOfDiscipl

Свойства данных:

DataProperty: hasDisciplName
 DataProperty: hasTermName
 DataProperty: hasRef
 DataProperty: hasSpecialityName
 DataProperty: hasBranchName
 DataProperty: hasThemeName
 DataProperty: hasGroupOfSpecialityName

Поиск оптимальной траектории изучения искомого понятия *s* по запросу пользователя выполняется запросом SPARQL:

```
SELECT (count(?isBaseOfTransitive) as ?count) ?y
WHERE {
  ?x swl:hasTermName ?hasTermName
  FILTER regex(?hasTermName, \"\"+ s +\"\", \"i\") .
  ?x swl:hasBaseTransitive ?Term .
  ?Term swl:isBaseOfTransitive ?isBaseOfTransitive
  ?Term swl:hasTermName ?y
}
GROUP BY ?y ORDER BY DESC(?count)
```

Построение траектории искомой дисциплины выполняется в два этапа. Извлекаем темы искомой дисциплины запросом (*s* – параметр запроса):

```
SELECT ?hasThemeName (count(?isBaseThemeTransitive) as ?count)
WHERE {
  ?Theme swl:isThemeOfDiscipl ?Discipline .
  ?Discipline swl:hasDisciplName ?hasDisciplName
  FILTER regex(?hasDisciplName, \"\"+ s +\"\", \"i\") .
  ?Theme swl:hasThemeName ?hasThemeName .
  ?Theme swl:isBaseThemeTransitive ?isBaseThemeTransitive
}
GROUP BY ?hasThemeName ORDER BY DESC (?count)
```

Упорядочиваем темы внутри дисциплины, извлекаем названия тем из массива *termArray*:

```
SELECT ?hasTermName (count(?isBaseOfTransitive) as ?count)
WHERE {
  ?Theme swl:hasThemeName ?hasThemeName .
  FILTER regex(?hasThemeName, \"\"+ termArray.get(i) +\"\", \"i\") .
  ?Theme swl:hasTermTheme ?Term .
  ?Term swl:isBaseOfTransitive ?isBaseOfTransitive .
  ?Term swl:hasTermName ?hasTermName
} UNION {
  ?Theme swl:hasThemeName ?hasThemeName .
  FILTER regex(?hasThemeName, \"\"+ termArray.get(i) +\"\", \"i\") .
  ?Theme swl:hasTermTheme ?Term .
  ?Term swl:hasTermName ?hasTermName
}
GROUP BY ?hasTermName ORDER BY DESC(?count)
```

Заключение

Разработана семантическая модель представления базы знаний КОС на основе онтологии и транзитивного шкалирования понятий методом парных сравнений, которая в отличие от существующих моделей учитывает особенности учебного процесса: обеспечивает классификацию знаний по УчПро и организацию знаний в иерархию, соответствующую порядку изложения обучающей информации, динамическую группировку понятий в обучающую последовательность, обнаружение междисциплинарных связей между знаниями в ходе логического вывода, гарантирует разрешимость логического вывода. Предложенная модель знаний позволяет выполнять автоматический поиск обучающей последовательности.

Разработан метод поиска индивидуальной траектории изучения понятия по запросу пользователя и динамического формирования дисциплины на основе дерева тем и понятий.

Предложенный метод разрешает конфликты приоритетов понятий и обеспечивает целостность изложения понятий внутри темы и связность тем в рамках дисциплины для достижения максимальной эффективности обучения.

В дальнейшем предполагается расширение набора семантических связей между понятиями, введение семантической модели обучаемого в качестве ограничения на генерируемую последовательность, реализация хранилища триплетов на базе СУБД MySQL и системы дистанционного обучения MOODLE.

Литература

1. Титенко, С. В. Автоматизация построения образовательных Web-ресурсов для поддержки непрерывного обучения на примере портала знаний *znannya.org* / С. В. Титенко // Международная научно-практическая конференция «Веб-программирование и Интернет-технологии WebConf09»: Сб. матер. Междунар. науч.-практич. конф. Минск, 8–10 июня 2009г. – Мн.: Институт математики НАН Беларуси, 2009. – С. 70-71.
2. Атанов Г.А., Пустынникова И. Н. Обучение и искусственный интеллект или Основы современной дидактики высшей школы. – Донецк: Издательство ДООУ, 2002. – 504 с.
3. Miller, George A. WordNet - About Us [Electronic resource]: Princeton University, 2009. – [Mode Access]: <http://wordnet.princeton.edu/>. – Title from screen.
4. Яблонский С.А. Лексические онтологии WordNet в технологиях Semantic Web [Электронный ресурс]: "Программные продукты и системы". – 2009. – №4. [Режим доступа]: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=2359>. – Название с экрана.
5. Philippe A. MARTIN. Correction and Extension of WordNet 1.7. [Electronic resource]: 11th International Conference on Conceptual Structures, (© Springer Verlag, LNAI 2746, pp. 160-173), Dresden, Germany, July 21-25, 2003. [Mode Access]: <http://www.webkb.org/doc/wn/>. – Title from screen.
6. Pease A. The Suggested Upper Merged Ontology (SUMO) at Age 7: Progress and Promise [Electronic resource]: Articulate Software, 2007. [Mode Access]: http://ontolog.cim3.net/file/resource/presentation/AdamPease_20070906/Suggested-Upper-Merged-Ontolog_SUMO--AdamPease-20070906.ppt. – Title from screen.
7. SKOS Simple Knowledge Organization System Reference [Electronic resource]: W3C Recommendation, 18 August 2009. [Mode Access]: <http://www.w3.org/TR/2009/REC-skos-reference-20090818/>.
8. Титенко, С. В. Модель навчального Web-контенту Tree-Net як основа для інтеграції керування знаннями і безперервним навчанням / С. В. Титенко, О. О. Гагарін // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 1. – С. 74–86. [Режим доступа]: <http://www.setlab.net/?view=Tytenko-Tree-Net>.

9. Быбко Е. И., Данченко А. Л. Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Основы кибернетики» и «Дискретная математика», – Луганск; Изд-во Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, 2005. – 52 с.
10. Matthew Horridge. A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools. Edition 1.2 [Electronic resource]:/ The University Of Manchester. - 2009. [Mode Access]: <http://www.co-ode.org>.
11. SPARQL Query Language for RDF. [Электронный ресурс]/ W3C Recommendation 15 January 2008. Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-rdf-sparql-query-20080115/>.

Проведено системний аналіз сучасних методів суб'єктивних експертиз якості систем звуковідтворення, окреслене коло проблем та запропоновані способи їх вирішення. Використання вказаних рекомендацій дозволить підвищити точність, надійність та повторюваність результатів суб'єктивно-статистичних досліджень якості звуку

Ключові слова: якість звуку, суб'єктивна експертиза, достовірність результатів, повторюваність

Проведен системный анализ современных методов субъективных экспертиз качества систем звуковоспроизведения, очерчен круг существующих проблем и предложены способы их решения. Применение изложенных рекомендаций позволит повысить точность, надежность и повторяемость результатов субъективно-статистических исследований качества звука

Ключевые слова: качество звука, субъективная экспертиза, достоверность результатов, повторяемость

The methods of subjective assessment of quality of sound where investigated. The circle of existing problems is outlined and ways of their decision are offered. Application of the stated recommendations will allow to raise accuracy, reliability and repeatability of results of subjective-statistical researches of quality of a sound

Keywords: quality of sound, subjective examination, authenticity of results, repeatability

1. Введение

Система звукопередачи (звуковой тракт) является неотъемлемой частью любой современной аудиовизуальной системы. Известно, что основной задачей звукового тракта является наиболее точная передача звуковой информации из одной области пространства в другую, что достигается минимизацией искажений, вносимых системой звукопередачи в первичный сигнал. Комплексной характеристикой любой системы

УДК 621.396

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ СУБЪЕКТИВНЫХ ЭКСПЕРТИЗ КАЧЕСТВА ЗВУКОВЫХ ТРАКТОВ

Н. Н. Сулима

Преподаватель

Кафедра телевидения и радиовещания
Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова
ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, Украина, 65029
Контактный тел.: (097) 799-17-90
E-mail: Filin85@bk.ru

звукопередачи является качество звучания – совокупность ощущений, возникающих при прослушивании, и отличающих один способ звукопередачи от другого [1].

Развитие электроники и применение цифровых технологий позволяет создать звуковой тракт с высокими техническими характеристиками [2]. Однако при одинаковых технических характеристиках качество звучания звуковых трактов может значительно отличаться [3]. Такая неоднозначность обусловлена отсутствием четкой связи между объективными параметрами систем звукопередачи и субъективными восприятием звука [4]. Таким образом, измерение технических характеристик звукового тракта не даёт возможности однозначно оценить его качество звучания, что делает объективные измерения неэффективными. С другой стороны антропологическая направленность звуковых трактов позволяет в качестве единственного достаточно точного метода оценки качества звука использовать субъективно-статистические исследования, называемые субъективными экспертизами [5].

Задачей данного исследования является критический анализ особенностей субъективных экспертиз и поиск возможных путей устранения существующих недостатков. Цель исследования - повышение досто-