

А.Е. Янковская, В.В. Разин

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ НА ОСНОВЕ СМЕШАННЫХ
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ
SEMANTIC WEB**

*Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований
в рамках научного проекта № 13-07-98037-р_сибирь_a.*

Рассматривается подход к построению систем управления обучением, основанный на использовании технологий Semantic Web и смешанных диагностических тестов. Дается описание онтологических моделей, представляющих учебные дисциплины и тестовые задания. Предлагается подход к созданию системы управления обучением, использующей разработанные модели в качестве базы знаний. Предложена общая архитектура системы управления обучением, основанной в предлагаемом подходе.

Ключевые слова: системы управления обучением; смешанные диагностические тесты; дидактические единицы учебной дисциплины; Semantic Web; онтология.

Системы управления обучением широко используются в мировой образовательной практике уже долгое время. Для управления самыми разными аспектами процесса обучения на сегодняшний день разработано большое количество программных систем. Системы подобного рода чаще всего предназначены для поддержания не только структуры образовательного процесса, но и процесса дистанционного обучения. Как правило, системы управления обучением включают набор модулей, организованных в библиотеки и используемых в режиме реального времени.

Создание единой государственной системы управления качеством образования в российских вузах на данный момент не потеряло своей актуальности. Начиная с 2005 г. Национальное аккредитационное агентство в сфере образования проводит эксперимент по внедрению экзамена федерального экзамена в сфере профессионального образования (ФЭПО) для проведения внешней независимой оценки результатов обучения студентов в рамках требований государственного образовательного стандарта ГОС. Одной из составляющих этого эксперимента является проведение компьютерного интернет-тестирования студентов вузов. Концептуальной основой модели оценки качества подготовки студентов на соответствие требованиям ГОС является оценка освоения всех дидактических единиц той или иной дисциплины. Тестовые задания, из которых состоит экзамен ФЭПО, выбираются из общей базы заданий случайно для каждой дидактической единицы заданной дисциплины. Доля студентов, освоивших все дидактические единицы данной дисциплины, является показателем её освоения [1].

Большинство существующих систем управления обучением предлагают пользователю инструментарий для создания и редактирования тестовых заданий для осуществления контроля за качеством образования. В большинстве систем оценка прохождения студентом теста является бинарной: «тест пройден» либо «тест не пройден». Подобный способ оценивания едва ли является гибким и, кроме того, не позволяет оценить степень усвоения учащимся тех или иных разделов курса. В одном из методов тестирования, предлагающих альтернативу подобному способу оценивания, предлагается использование смешанных диагностических тестов (СДТ), предложенных в работе [2], для контроля качества образования. СДТ представляют собой оптимальное сочетание безусловных и условных составляющих [3] и позволяют дифференцированно оценивать качество усвоения учебного материала. При этом для вычисления оценок используются аппараты пороговой и нечёткой логики.

Большинство существующих систем управления обучением в значительной степени ориентированы на использование web-сети для доступа пользователей к учебным курсам и тестовым заданиям.

Кроме того, как уже было сказано, разрабатываемый в данный момент экзамен ФЭПО предполагает проведение интернет-тестирования и, следовательно, также ориентирован на использование web-сети. Модульность и возможности повторного использования отдельных элементов существующих систем управления обучением – одни из самых сильных сторон этих систем, однако представление данных в web-сети, которое приходится использовать разработчикам в связи со значительной ориентированностью этих систем на онлайн-доступ, достаточно плохо пригодно как для машинного анализа и обработки, так и для стандартизации. Существующие стандарты в этой области, такие как SCORM [4], как правило, требуют либо значительной доработки существующей системы, либо изначальной ориентированности разрабатываемой системы на образовательный стандарт.

Для разрешения проблем, связанных со сложностями структурирования и пригодности для машинной обработки данных в web-сети, предпринята глобальная инициатива реорганизации структуры данных сети Интернет с целью преобразования ее в так называемую семантическую паутину [5], представляющую возможности эффективного поиска и анализа данных как человеком, так и программными агентами.

Современная Web-сеть (Всемирная паутина) основана на HTML-страницах, в тексте которых содержится информация, извлекаемая человеком при помощи программы-посредника, или браузера. Семантическая же паутина предполагает хранение информации в виде семантической сети, предоставляющей программе-клиенту возможность извлекать из паутины факты и осуществлять на их основе логический вывод. При этом семантическая паутина работает параллельно с WWW и на её основе, используя протокол HTTP и уникальные идентификаторы ресурсов URI. Семантические сети, на которых должна быть основана семантическая паутина, в этом случае служат надстройкой над обычной web-сетью и хранят метаданные как о контексте той или иной web-страницы (название, авторы, дата создания и / или последнего редактирования), так и о её контенте (основные понятия, используемые в тексте на странице, предметная область, о которой идёт речь и т.д.).

Несмотря на наличие некоторых препятствий для создания глобальной семантической паутины, как сама идея, так и существующие технологии Semantic Web могут быть использованы для создания и развития информационных систем в рамках какой-либо отдельно взятой организации и, в частности, для создания системы управления обучением. Семантические сети, хранящие метаданные в Semantic Web, основаны на аппарате дескрипционных логик, являются весьма гибкой моделью представления информации, а также, строго говоря, позволяют перейти от работы с данными к работе со знаниями и могут легко быть использованы повторно.

Основные подходы к применению технологий Semantic Web в образовании [6–10] предполагают использование тщательно разработанных заранее моделей предметных областей либо для структурирования учебного материала, либо для аннотирования уже существующих документов (методических материалов, наглядных пособий и т.д.). При этом основные усилия экспертов приходятся как раз на создание модели предметной области, а не на поддержку учебного процесса. Кроме того, эти подходы, как правило, не включают методы контроля качества обучения, отличные от тестов, использующих вышеупомянутые бинарные оценки.

В рамках данной работы рассматривается подход, включающий использование технологий Semantic Web для создания программной системы управления обучением, использующей СДТ.

1. Основные понятия и определения. Постановка задачи

Рассмотрим систему управления обучением как некоторую систему управления, объектом в которой является человек, проходящий обучение, а управляющим воздействием – изменение структуры учебного курса или повторное прохождение части курсов, входящих в состав образовательной программы. Датчиками такой системы будем считать наборы тестовых заданий, а параметрами объекта управления – численные оценки успешности их выполнения.

Описанный в работах [2, 11–13] подход к оцениванию качества образования, основанный на СДТ, опирается на аппарат нечёткой логики и позволяет использовать нечёткую оценку как сложности теста, так и результата его прохождения обучающимся. Тем самым достигается, с одной стороны, гибкость в

описании параметров объекта управления (в данном случае обучающегося) и, с другой стороны, возможность в дальнейшем использовать нечёткие методы управления объектом (в данном случае управление дальнейшим процессом обучения).

Смешанные диагностические тесты были впервые введены в 1996 г. А.Е. Янковской для принятия решений в интеллектуальных системах; тогда же был предложен и доказан ряд теорем, подтверждающих их эффективность по сравнению с условными и безусловными диагностическими тестами. Впоследствии было предложено их применение в обучающе-тестирующих системах и показана эффективность их использования. В данной публикации представлено дальнейшее развитие СДТ и, в частности, их совместное использование с технологиями Semantic Web в целях построения гибридных интеллектуальных обучающе-тестирующих систем.

Обучающийся – человек, проходящий обучение (объект управления). Основной задачей, решаемой с применением СДТ, является задача классификации обучающихся; классами при этом являются степени освоения ими того или иного учебного курса – «не владеет материалом», «удовлетворительно владеет материалом» и т.п. *Учебным курсом* в данной работе называется набор тематически связанных учебных материалов, объединённых одной образовательной дисциплиной (предметной областью).

Диагностический тест – совокупность групповых характеристических признаков, различающих любые пары объектов, принадлежащих разным классам. При этом будем различать условный и безусловный диагностические тесты. *Безусловный диагностический тест* основан на одновременном предъявлении всех входящих в него признаков исследуемого объекта, а *условный* – на последовательном предъявлении признаков в зависимости от значений признаков, предъявленных ранее. Условный диагностический тест в этом случае включает в себя обязательное вычисление текущей оценки респондента, зависящей от заранее определённой экспертом сложности теста.

Смешанный диагностический тест представляет собой оптимальное сочетание безусловной и условных составляющих. После ответа на каждый вопрос теста вычисляется полученная респондентом оценка в зависимости от заранее заданной составителем теста сложности вопроса.

Тема (модуль) представляет собой элемент структуры учебного курса, посвящённый разделу соответствующей ему дисциплины. В рамках данной работы предполагается, что теме, входящей в состав учебного курса, соответствует некоторая дидактическая единица. *Занятие* – элемент темы, посвящённый рассмотрению отдельных вопросов, входящих в её состав. Занятию соответствует объём учебных материалов, рассматриваемых в течение одной лекции (двух академических часов). Занятие – атомарный элемент структуры учебного курса. При этом тема может включать в себя либо другие темы (подтемы), либо отдельные занятия, но не те и другие одновременно.

Онтология представляет собой концептуальную схему, определяющую термины, которые используются для описания и представления знаний некоторой предметной области, и включающую машиночитаемые (понятные для программы) определения базовых понятий и отношения между ними. Основными компонентами онтологии являются:

- *понятия* (классы) описываемой предметной области;
- *экземпляры* этих понятий;
- *отношения*, которые могут быть *объектными* (связывающими понятия и их экземпляры друг с другом) или *литеральными* (связывающими понятия и их экземпляры с некоторыми значениями).

Множество понятий и отношений между ними определяют общую схему хранения данных, представленных как множество утверждений об экземплярах понятий, или аксиом онтологии. Эти утверждения, или *триплеты*, имеют вид троек «субъект-предикат-объект».

Онтология – центральное понятие стека технологий Semantic Web. Фактически онтология – семантическая сеть, хранящая любые данные, описанные средствами Semantic Web. Основными языками, используемыми для описания онтологий, являются стандартизованные консорциумом W3C языки RDF [14] и OWL [15].

При построении СДТ для некоторой дисциплины множество её разделов последовательно разбивается на безусловную и условную части. Затем при помощи алгоритмов, описанных в [2], формируются последовательности вопросов, соответствующих дидактическим единицам из каждой части.

Рассмотрим в качестве примера дисциплину «Информатика» для студентов специальности 270102.65 – «Промышленное и гражданское строительство». Основными разделами этой дисциплины являются:

1. Понятие информации.
2. Общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации.
3. Технические и программные средства реализации информационных процессов.
4. Технические средства реализации информационных процессов.
5. Программные средства реализации информационных процессов.
6. Модели решения функциональных и вычислительных задач.
7. Алгоритмизация и программирование.
8. Языки программирования высокого уровня.
9. Базы данных.
10. Программное обеспечение и технология программирования.
11. Компьютерная графика.

На рис. 1 приведён пример последовательности прохождения СДТ для описываемой дисциплины, представленный в виде дерева поиска. Вершины дерева, представленные прямоугольниками, соответствуют разделам дисциплины, сплошные рёбра – безусловным переходам, пунктирные рёбра – переходам, выполняемым при успешном прохождении безусловной составляющей теста для определённого раздела. В этом случае допустимо отнести к безусловной составляющей теста разделы с первого по раздел 3.1, а к условной – с раздела 3.2 по раздел 9 включительно. Также имеет смысл предъявлять задания по разделам 6–9 в заключительной части тестирования.

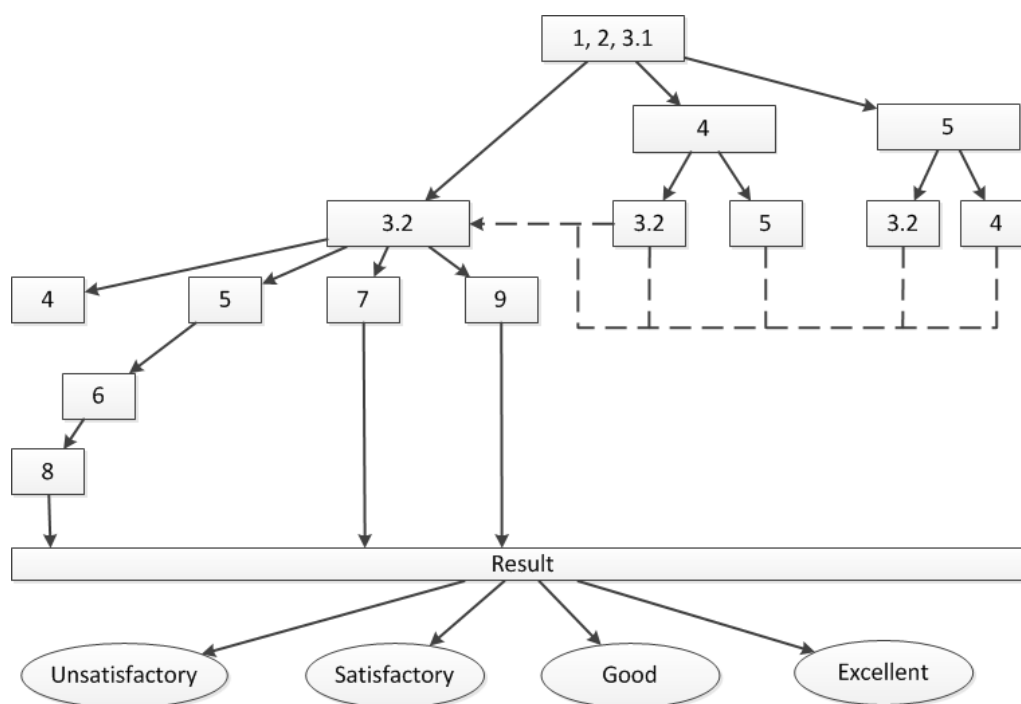


Рис. 1. Дерево переходов для процесса прохождения СДТ (дерево СДТ)

Каждому СДТ соответствует матрица весов ответов A размерностью $n \times k$, где n – количество тестовых заданий, а k – максимальное количество возможных вариантов ответа на тестовое задание. Элементы a_{ij} матрицы A соответствуют весу ответа j на вопрос i . Каждый a_{ij} выставляется заранее экспертом в соответствии со сложностью теста и близостью ответа j на правильный ответ на вопрос i . Прохождение безусловной части СДТ считается успешным при превышении суммарным весом ответов обучающегося заранее заданного порога. Прохождение условной составляющей СДТ возможно только при успешном прохождении его безусловной составляющей.

2. Описание дисциплины при помощи онтологий Semantic Web

Предлагаемый в данной работе подход к описанию учебных дисциплин на основе использования онтологий Semantic Web основан на системе понятий, представленных в предыдущем разделе. Учебной дисциплине в рамках предлагаемого подхода соответствует учебный курс, а его разделам – темы. Подход предполагает использование трёх основных онтологий: CourseLevel, KnowledgeLevel и SystemLevel.

Общая схема онтологии CourseLevel изображена на рис. 2. Понятие «Course» представляет собой учебный курс. Его атрибутами являются название (name), отведенное количество часов (hours) и описание (description). Понятие «Course» связано отношением includes с понятием «Theme», соответствующим теме, и отношением refersTo с понятием «KnowledgeDomain». Отношение refersTo является аналогом односторонней ассоциации и задает ссылку от одного класса к другому.

Понятие «KnowledgeDomain» (предметная область) содержит информацию о предметной области. Атрибутами понятия являются название (name) и описание (description). Как видно на диаграмме, предметная область может быть частью какой-либо другой более глобальной предметной области или же включать другие предметные области. Понятие «Theme» предназначено для хранения данных о темах и может включать в себя подтемы и занятия. Атрибутами Theme являются название (name) и описание (description). Понятие «Theme» также находится в отношении refersTo с понятием «KnowledgeDomain», что позволяет однозначно определить предметную область, к которой относится тема. Понятие «Lesson» хранит данные о конкретном занятии и имеет также название или заголовок (name) и краткое описание или краткое содержание (description). Понятие «ClassElement», «атомарный элемент занятия», по существу представляет абстракцию для дочерних понятий, рассмотренных в следующей онтологии. Понятия «TestQuestion» и «TestAnswer» задают описание тестовых вопросов по тому или иному ClassElement. Каждому из них отношением checking может быть сопоставлен тестовый вопрос TestQuestion, описанный атрибутами body (тело вопроса) строкового типа и weight типа double. Отношением hasAnswer каждому вопросу может быть сопоставлен вариант ответа TestAnswer, описываемый полями body строкового типа и truthValue («правильность» ответа) типа double.

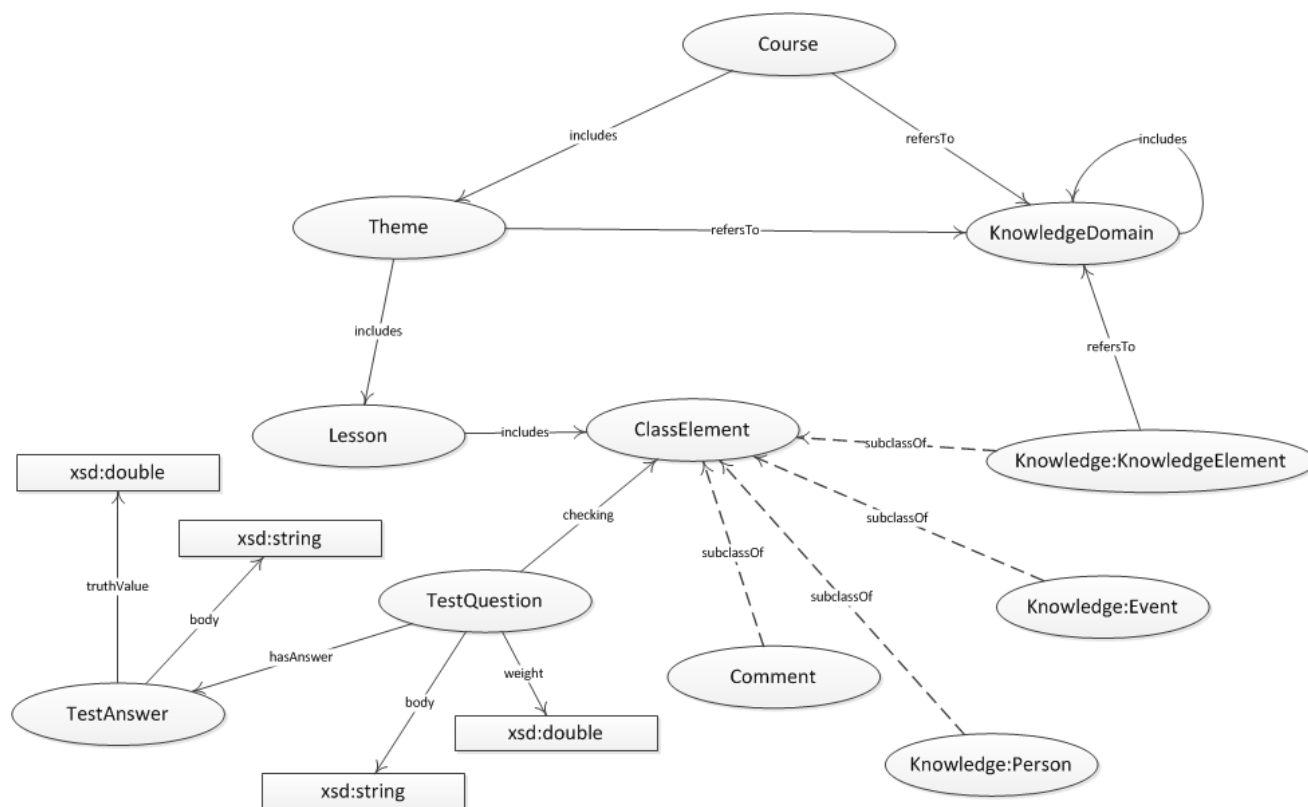


Рис. 2. Онтология CourseLevel

Понятия «KnowledgeElement», «Person» и «Event» не являются прямыми составляющими онтологии CourseLevel, но рассматриваются совместно с её элементами для связи с другой онтологией, рассмотренной ниже.

Онтология KnowledgeLevel, изображённая на рис. 3, описывает возможные «элементы знаний», присутствующие в учебных курсах.

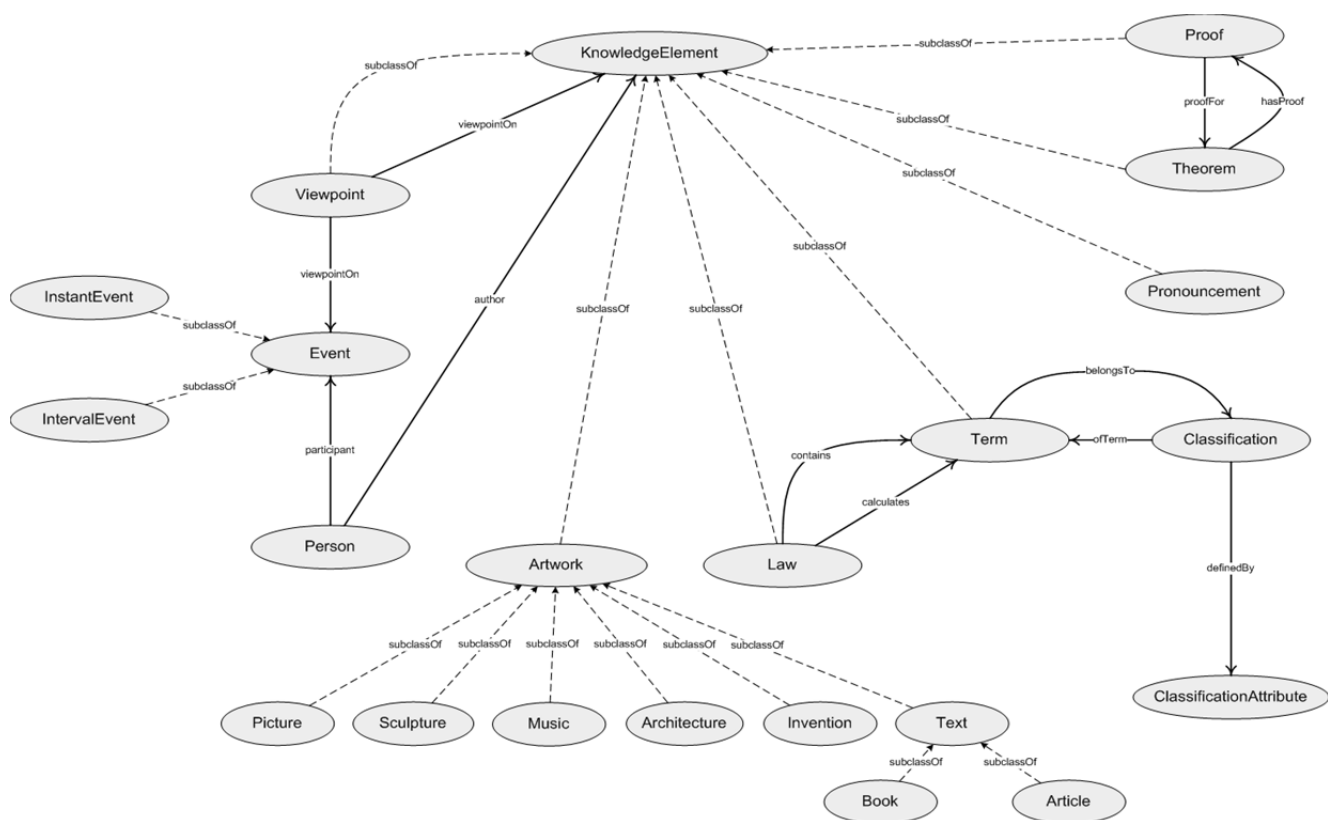


Рис. 3. Онтология KnowledgeLevel

Основным элементом данной онтологии является понятие «KnowledgeElement», которое по сути абстрактно и обобщает ряд других понятий данной онтологии. Понятие «Person» предназначено для хранения данных о некоторой личности и связано с понятием «KnowledgeElement» отношением author. Таким образом, личность может выступать в качестве автора любого из экземпляров понятия, наследующего KnowledgeElement. Понятие «Event» описывает некоторое произвольное событие. Для него определены два дочерних понятия для указания типа события – интервальное и мгновенное (IntervalEvent и InstantEvent). Понятие «Person» связывается с понятием «Event» отношением participant, описывая возможность личности участвовать в событии или каким-либо образом быть связанным с ним. Понятие «Theorem» формально служит для описания теорем, но в широком смысле представляет собой любое утверждение, для которого существует формальное доказательство. Понятие «Proof» описывает доказательство для теоремы (класс Theorem). Понятия «Theorem» и «Proof» связаны отношениями hasProof и proofFor соответственно.

Понятие «Pronouncement» предназначено для описания высказывания, сделанного некоторой личностью Person. Понятие «Viewpoint» (точка зрения) отличается от высказывания (понятие «Pronouncement») тем, что имеет отношение viewpointOn с понятием «KnowledgeElement», связывая между собой автора, его точку зрения и субъект, о котором идет речь. Понятие «Term» соответствует некоторому термину или определению и может описываться как термин в широком смысле (например, понятие или объект в математическом рассуждении). Понятие «Classification» предназначено для описания классификаций тех или иных терминов. Между понятиями «Classification» и «Term» существуют отношения ofTerm и belongsTo соответственно. Понятие «ClassificationAttribute» отвечает за описание критерия классификации терминов. Понятие «Law» описывает произвольный закон или правило (не-

формально это требование для выполнения некоторых условий). Наглядно представить его можно в виде конструкции «если – то». Данное понятие непосредственно связано с классом Term, так как содержит различные термины и понятия и оперирует ими. Понятие «Artwork» служит для описания метаданных различных ресурсов. Его подклассами являются Picture (картина или изображение), Sculpture (скульптура), Architecture (архитектура), Music (музыкальное произведение), Invention (изобретение), Text (произвольный текст). Все экземпляры этих понятий не предназначены для хранения файлов изображений, музыкальных произведений и т.д., а лишь описывают данные об этих объектах. Понятие «Text» разделяется на два подкласса – Book (книга) и Article (статья).

Третья из разработанных онтологий называется SystemLevel и имеет прикладное значение. Она служит в первую очередь для обеспечения возможности расстановки приоритетов (принцип предшествования) для учебных курсов, тем и занятий. Принцип предшествования не выносится в отдельное понятие, а представлен в виде атрибута с целочисленным типом xsd:int. Основными ресурсами являются аудио- и видеоматериалы, изображения, книги и статьи, а также веб-сайты. Соответствующие им классы отображены на рис. 4.

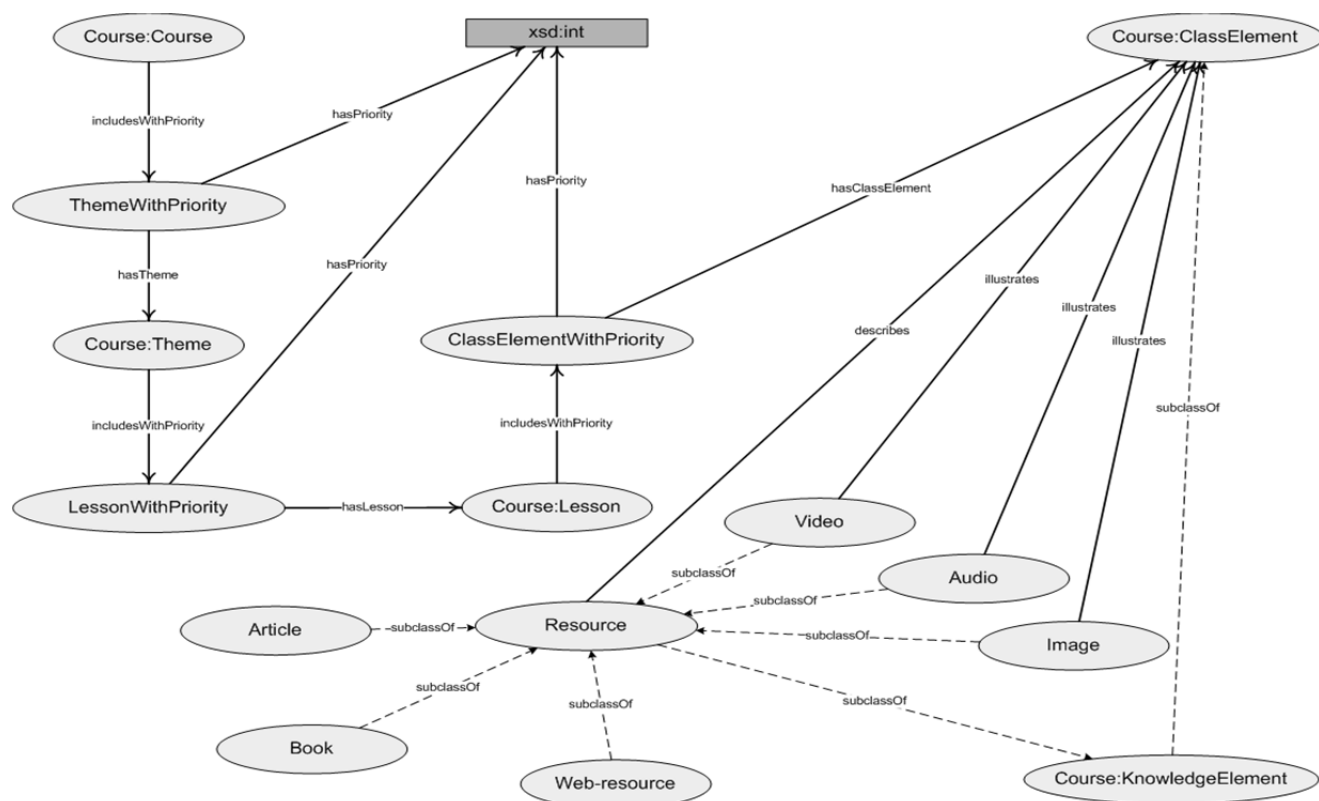


Рис. 4. Онтология SystemLevel

Понятия «ThemeWithPriority», «LessonWithPriority» и «ClassElementWithPriority» служат для хранения данных о порядке следования или приоритете тем учебного курса, занятий каждой темы и понятий, используемых в занятиях, соответственно.

Понятия «Video», «Audio», «Book», «Article», «Image», «Web-resource» описывают ресурсы, соответствующие основным элементам учебного курса, например, изображение человека (личности Person), видеозапись какого-либо события (Event), статья о теореме и ее доказательство (Theorem и Proof соответственно). Атрибутами таких классов являются ссылки на хранилища соответствующих материалов. Классы Resource и ClassElement связаны отношением describes.

Пример онтологий, описывающих часть вышеупомянутого курса «Информатика», приведён на рис. 5, 6. В данном примере сам курс представлен в онтологии CourseLevel экземпляром InformationScience270102.65 понятия «Course». Он относится (отношение refersTo) к предметной области «Информатика», представленной экземпляром Information_Science понятия «KnowledgeDomain».

Входящая в состав курса тема «Информация» (экземпляр Information понятия «Theme»), связанный отношением includes с курсом InformationScience270102.65) включает (отношения includes) две лекции (экземпляры понятия «Lesson», «Lecture_1» и «Lecture_2»), озаглавленные (литеральное свойство name) «Понятие информации» и «Общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации». Каждая из этих лекций включает (отношение includes) термин «Информация», которому в онтологии соответствует экземпляр Information понятия «Term», описанного в онтологии KnowledgeLevel.

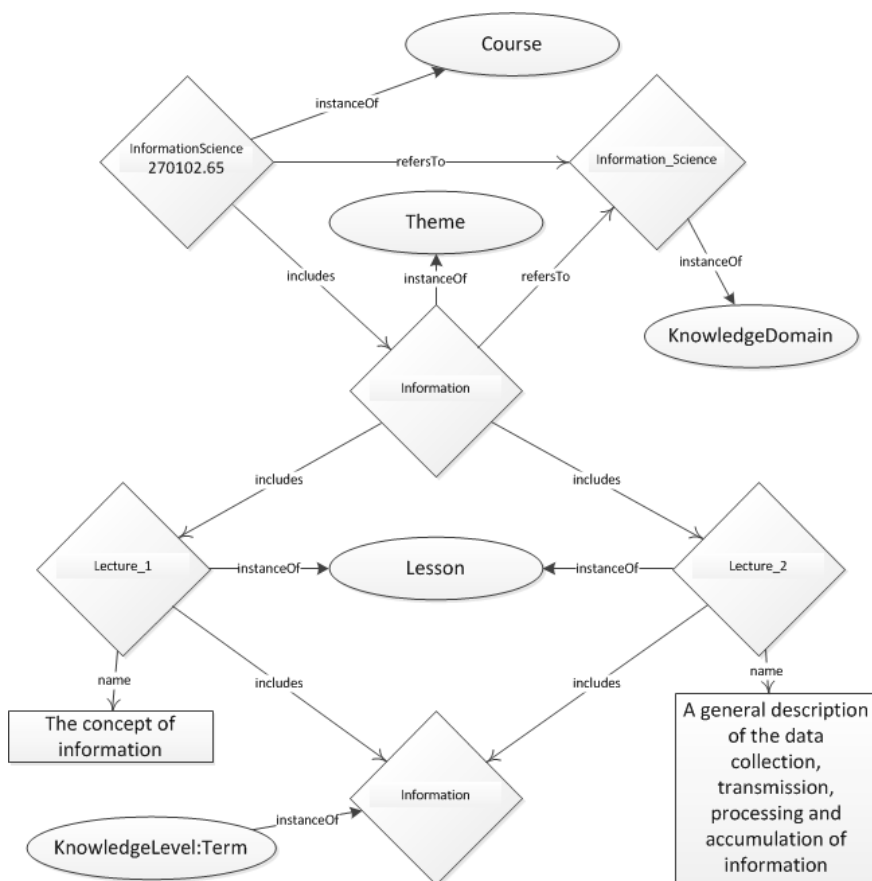


Рис. 5. Описание части курса «Информатика» в онтологии CourseLevel

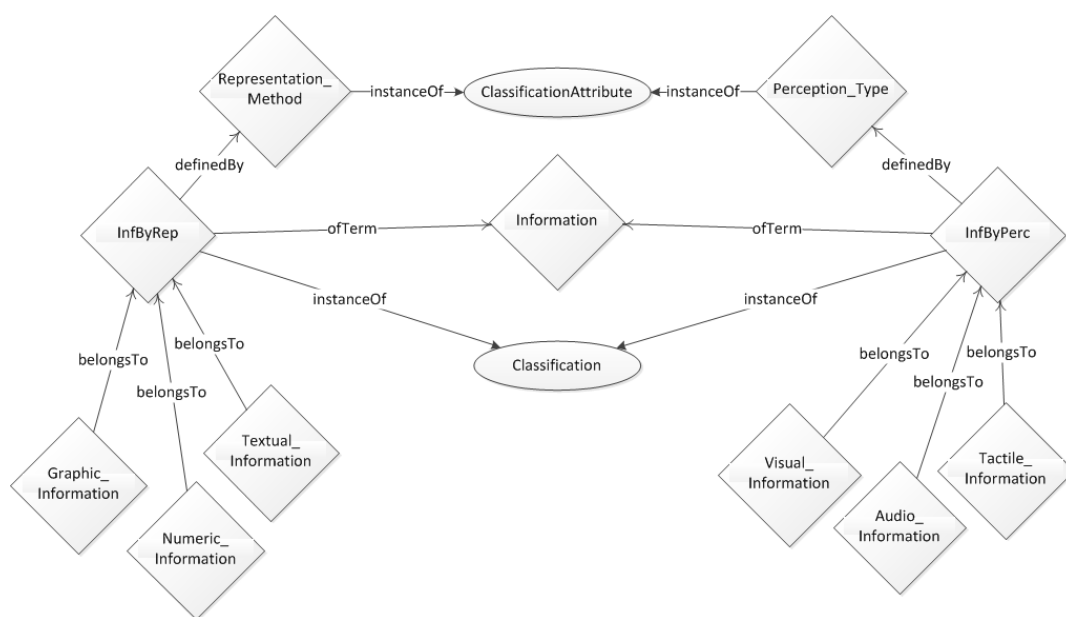


Рис. 6. Частичное описание термина «Информация» в терминах онтологии KnowledgeLevel

Онтология KnowledgeLevel включает описание классификаций информации (экземпляр Information понятия «Term») по форме представления и способу восприятия (экземпляры InfByRep и InfByPerc понятия «Classification» соответственно). Критерии классификации представлены в онтологии экземплярами понятия «ClassificationAttribute» следующим образом: Representation_Method – для классификации по способу представления, и Preception_Type – для классификации по форме представления информации, и связаны с экземплярами, представляющими классификации, отношением definedBy. Наконец, виды информации, входящие в эти классификации, связаны с ними отношением belongsTo. Каждому из этих видов соответствует свой термин (экземпляр понятия «Term»), например, Graphic_Information – для информации, представленной в графической форме, Tactile_Information – для информации, воспринимаемой тактильными рецепторами и т.д.

Описанные онтологии формируют общую базу знаний, позволяющую хранить и редактировать онтологические модели, описывающие учебные дисциплины в виде учебных курсов, разбитых на темы, которым соответствуют дидактические единицы. В свою очередь, темы разбиты на занятия, включающие описания широкого спектра понятий, явлений и событий, которые могут входить в состав произвольного учебного курса. Важным элементом онтологической модели учебных курсов являются описания тестовых заданий, которые могут быть сопоставлены любому из изучаемых в процессе обучения понятий. Указание сложности тестовых заданий позволяет по понятию, теме и разделу курса единственным запросом к онтологии выбрать базу тестовых заданий и сформировать набор смешанных диагностических тестов для контроля качества усвоения обучающимися учебных материалов.

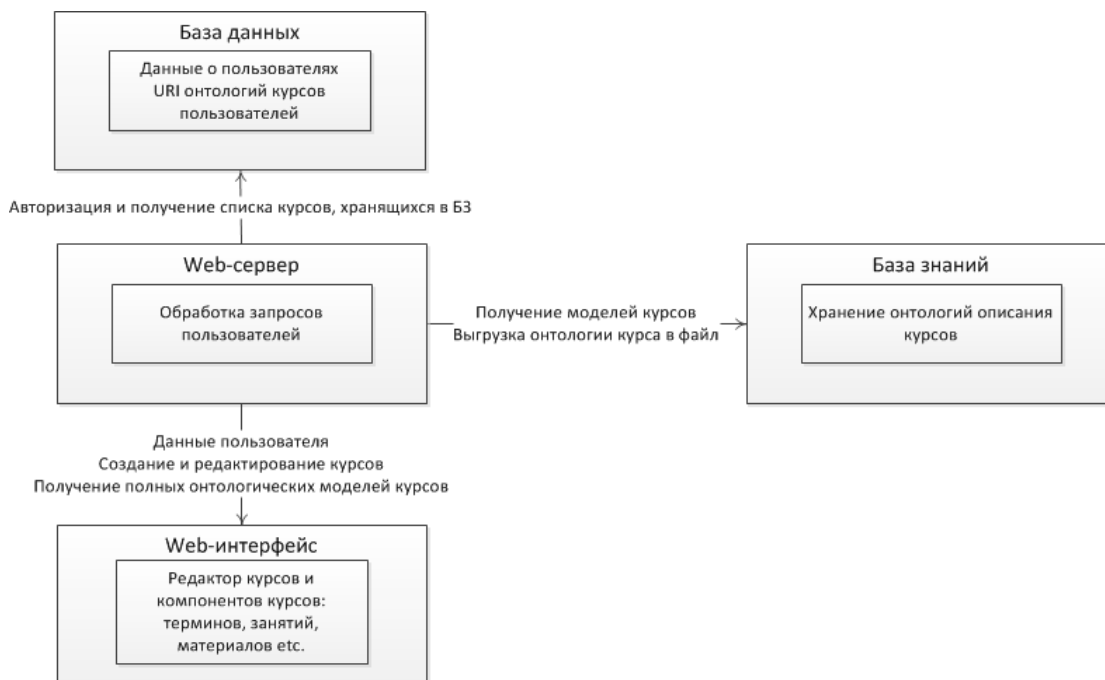


Рис. 7. Общая архитектура системы управления обучением

Наиболее простым и эффективным способом реализации подобной системы представляется создание web-сервиса по планированию учебных курсов для его использования преподавателями в рамках сети факультета или университета.

Общая архитектура системы управления обучением, разрабатываемой с использованием описанного подхода, представлена на рис. 7. Основными элементами такой системы являются:

1. База знаний, отвечающая за хранение описанных выше онтологических моделей.
2. База данных, хранящая данные о пользователях сервиса, включая список URI (Uniform Resource Identifier, унифицированные идентификаторы ресурса) онтологических моделей курсов, разработанных пользователями и хранящихся в базе знаний.
3. Web-сервер, непосредственно отвечающий за обработку запросов пользователей по созданию и редактированию моделей учебных курсов, а также их компонентов (терминов, понятий, смешанных ди-

агностических тестов и др.). Кроме того, web-сервер позволяет при необходимости произвести загрузку модели курса в файл онтологии Semantic Web.

Заключение

Онтологические модели являются весьма гибким описательным инструментом. Предложенные в данной работе онтологии могут быть дополнены онтологиями более низкого уровня, относящимися к конкретным предметным областям. Кроме того, полученные модели могут быть повторно использованы в дальнейшем как для создания новых учебных курсов с использованием элементов уже описанных курсов, так и для создания онтологии предметной области более высокого уровня. Наличие в онтологических моделях описаний аудио-, видео- и сетевых ресурсов позволяет дополнять учебный курс наглядными учебными материалами и структурировать списки дополнительной литературы по связанным с ними элементам учебного курса. Кроме того, описанные выше модели позволяют хранить и обрабатывать структуры, содержащие СДТ, и, следовательно, встраивать контрольные срезы с оцениванием по смешанным диагностическим тестам в структуру любого хранимого в подобной системе курса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янковская А.Е., Семенов М.Е. Принятие решений в интеллектуальных обучающе-тестирующих системах, основанное на смешанных диагностических тестах // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 1. С. 95–104.
2. Yankovskaya A.E. Mixed Diagnostic Tests are a New Paradigm of Construction of Intelligent Learning and Training Systems // Proc. New quality of education in the new conditions. Tomsk, Russia. 2011. V. 1. P. 195–203.
3. Yankovskaya A.E. Design of Optimal Mixed Diagnostic Test With Reference to the Problems of Evolutionary Computation // Proceedings of the First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications (EVCA'96). Moscow, 1996. P. 292–297.
4. SCORM – Home. URL: <http://scorm.com> (дата обращения: 14.12.2013).
5. Semantic Web W3C. URL: <http://www.w3.org/standards/semanticweb> (дата обращения: 14.12.2013).
6. Aroyo L., Pokraev S., Brussee R. Preparing SCORM for the Semantic Web // Robert Meersman; Zahir Tari & Douglas C. Schmidt, ed., 'CoopIS/DOA/ODBASE'. Springer, 2003. P. 621–634.
7. Silva Munoz L., Palazzo Moreira de Oliveira J. Adaptive web-based courseware development using metadata standards and ontologies. Proceedings of the International Conference on Advanced Information Systems Engineering CAiSE. Berlin : Springer-Verlag, LNCS 3084, 2004. P. 414–428.
8. Boyce S. Investigation of ontology relationships used for the modelling and generation of educational content: M.Sc. Dissertation. School of Computing, Dublin City University, 2004.
9. De Bra P., Aroyo L., Cristea A. Adaptive web-based educational hypermedia // Web dynamics, adaptive to change in content, size, topology and use / eds. by M. Levene, A. Poulovassilis. Berlin : Springer, 2004. P. 387–410.
10. Jovanovic J., Gasevic D., Devedzic V. Automating Semantic Annotation to Enable Learning Content Adaptation // 'AH' / eds. by Helen Ashman, Barry Smyth. Springer, 2006. P. 151–160.
11. Yankovskaya A., Yevtushenko N. Finite State Machine (FSM) – Based Knowledge Representation in a Computer Tutoring System // New Media and Telematic Technologies for Education in Eastern European Countries / ed. by P. Kommers. etc. Twenty University Press Enshede, 1997. P. 67–74.
12. Yankovskaya A.E., Semenov M.E. Construction of the Mixed Tests of the Quality System of Education. Proc. International Scientific Conference (Modern IT & (e-) Training). Astrakhan, Russia, 2009. P. 125–129 (in Russian).
13. Yankovskaya A.E., Semenov M.E. Foundation of the Construction of Mixed Diagnostic Tests in Systems for Quality Control of Education. Proc. 13th IASTED International Conference Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2010) August 23–25, 2010, Maui, Hawaii, USA. P. 142–145.
14. RDF Primer. W3C Working Draft / ed. by F. Manola and E. Miller. // World Wide Web Consortium (W3C). 2004. URL: <http://www.w3.org/TR/rdf-primer> (дата обращения: 14.12.2013).
15. Web Ontology Language OWL // World Wide Web Consortium (W3C). 2007. URL: <http://www.w3.org/2004/OWL> (дата обращения: 14.12.2013).

Янковская Анна Ефимовна, д-р техн. наук, профессор. E-mail: ayyankov@gmail.com

Разин Владимир Викторович. E-mail: moonbreeze@sibmail.com

Томский государственный университет

Поступила в редакцию 24 декабря 2015 г.

Yankovskaya Anna E., Razin Vladimir V. (Tomsk State University, Russian Federation)

Learning management system based on Mixed Diagnostic Tests and Semantic Web technology.

Keywords: learning management systems; Mixed Diagnostic Tests; teaching units; Semantic Web; ontology.

DOI: 10.17223/19988605/35/9

The paper describes an approach to the construction of learning management systems based on combined usage of Mixed Diagnostic Tests (MDT) in order to maintain education quality control and Semantic Web technology stack for purposes of storing learning courses' data and structures containing MDT.

Mixed Diagnostic Tests are a compromise between unconditional and conditional components. Most of learning management systems being used in educational practice only utilize a binary approach to estimating quality of education: "test passed" or "test not passed". Mixed Diagnostic Tests utilize and fuzzy logic apparatus, allowing to differentiate such estimations.

Central element of Semantic Web technology are semantic networks (ontologies) that are suited well to be used as a knowledge base for a system including MDT. Ontologies allow to describe both elements of an educational course (course, theme, lecture) and material being studied during the course (events, dates, terms, theorems etc.) in both full and flexible way. A set of MDT can be associated with every element of ontology describing teaching material. These MDT can be used to perform a check of mastering quality of a teaching course educational elements.

Three basic ontologies, CourseLevel, KnowledgeLevel and SystemLevel, are suggested to be used in an approach being described. A CourseLevel ontology describes elements of a learning course and structures containing MDT. KnowledgeLevel ontology describes possible "knowledge elements" that will be studied during the course. SystemLevel ontology is intended for structuring CourseLevel ontologies in a framework of a single course (for example, for determination of themes' order). That ontology also stores descriptions of different resources connected with course' "knowledge elements": audio and video resources, images, books and articles.

These ontologies can be supplemented with additional "child" ontologies describing in details a knowledge domain being discussed during the course, if needed.

A creation of a web service for educational courses planning seems to be the simplest and most effective way of implementing such a learning management system. That web service should be used by lecturers in the network of a faculty or the university. The paper describes general architecture of a learning management system based upon the approach being suggested. It includes a database containing system users' data, knowledge base containing the above-mentioned ontologies, and a web server providing course models creation and editing.

The system based upon the approach being described will possess both flexibility of description of learning courses and their elements and possibility of making a differentiate estimation of education quality for these courses.

REFERENCES

1. Yankovskaya, A.E. & Semenov, M.E. (2012) Decision-making in training-testing systems based on the mixed diagnostic tests. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy – Artificial intelligence and decision making*. 1. pp. 95-104. (In Russian).
2. Yankovskaya, A.E. (2011) Mixed Diagnostic Tests are a New Paradigm of Construction of Intelligent Learning and Training Systems. *Proc. New Quality of Education in the New Conditions*. Tomsk. pp. 195-203. (In Russian).
3. Yankovskaya, A.E. (1996) Design of Optimal Mixed Diagnostic Test With Reference to the Problems of Evolutionary Computation. *Proc. of the First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications (EVCA'96)*. Moscow. pp. 292-297.
4. SCORM – Home. (n.d.) [Online] Available from: <http://scorm.com/>. (Accessed: 14th December 2013).
5. Semantic Web – W3C. (n.d.) [Online] Available from: <http://www.w3.org/standards/semanticweb/>. (Accessed: 14th December 2013).
6. Aroyo, L., Pokraev, S. & Brussee, R. (2003) Preparing SCORM for the Semantic Web. In: Meersman, R., Tari, Z. & Schmidt, D.C. (eds) *CoopIS/DOA/ODBASE'*. Springer. pp. 621-634.
7. Silva Munoz, L. & Palazzo Moreira de Oliveira, J. (2004). Adaptive web-based courseware development using metadata standards and ontologies. *Proceedings of the International Conference on Advanced Information Systems Engineering CaiSE*. Berlin: Springer-Verlag, LNCS 3084. pp. 414-428. DOI: 10.1007/978-3-540-25975-6_30
8. Boyce, S. (2004). *Investigation of ontology relationships used for the modelling and generation of educational content*. M.Sc. Dissertation. School of Computing, Dublin City University.
9. De Bra, P., Aroyo, L. & Cristea, A. (2004). Adaptive web-based educational hypermedia. In: Levene, M. & Poulovassilis, A. (eds) *Web dynamics, adaptive to change in content, size, topology and use*. Berlin: Springer. pp. 387-410
10. Jovanovic, J., Gasevic, D. & Devedzic, V. (2006) Automating Semantic Annotation to Enable Learning Content Adaptation. In: Wade, V.P., Ashman, H. & Smyth, B. (eds) *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*. Springer. pp. 151-160.
11. Yankovskaya, A. & Yevtushenko, N. (1997) Finite State Machine (FSM) – Based Knowledge Representation in a Computer Tutoring System. In: Kommers, P. Et al. (eds) *New Media and Telematic Technologies for Education in Eastern European Countries*. Enshede: Twenty University Press. pp. 67-74.
12. Yankovskaya, A.E. & Semenov, M.E. (2009) [Construction of the Mixed Tests of the Quality System of Education]. *Modern IT & (e-) Training*. Proc. International Scientific Conference. Astrakhan, Russia. pp. 125-129. (In Russian).
13. Yankovskaya, A.E. & Semenov, M.E. (2010) Foundation of the Construction of Mixed Diagnostic Tests in Systems for Quality Control of Education. *Proc. 13th IASTED International Conference Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2010)*. August 23-25, 2010. Maui, Hawaii, USA. pp.142-145.
14. Manola, F. & Miller, E. (2004) *RDF Primer. W3C Working Draft. World Wide Web Consortium (W3C)*. [Online] Available from: <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>. (Accessed: 14th December 2013).
15. World Wide Web Consortium (W3C). (2007) *Web Ontology Language OWL*. [Online] Available from: <http://www.w3.org/2004/OWL/>. (Accessed: 14th December 2013).