

УДК 004.9: 378.147

В. Д. ПЕТРЕНКО*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»***АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РАЗВИВАЮЩЕГО ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ**

Проведен обзор публикаций, посвященных адаптивному тестированию и тестированию с развивающей функцией, а также работ, в которых рассматриваются вопросы онтологического моделирования знаний в системе образования. Отражены особенности организации процесса тестирования знаний с использованием онтологий, проанализированы общие принципы создания онтологий предметных областей и существующие подходы к созданию онтологий учебных дисциплин. Рассмотрены адаптивные технологии тестирования знаний. Приведена постановка задачи формирования тестовых заданий с использованием различных типов тестовых заданий, определено три этапа процедуры тестирования. Предложен метод формирования тестовых заданий, совмещающий в себе адаптивность с развивающей функцией тестирования. В перспективе предусматривается применение данного метода при построении компьютерных систем тестирования обучаемых по заочной, последипломной и дистанционной формам обучения.

Ключевые слова: *тестирование, тестовое задание, адаптивность, развивающая функция тестирования, онтологический инжиниринг, студенты ВУЗов.*

Введение

Тестирование с целью выявления достигнутого уровня знаний, умений и навыков обучаемых стало, по существу, основой организации образования в современной Украине, поскольку оно дает возможность оперативно и с достаточной степенью объективности определить уровень усваивания обучаемым программы, а также указывает на пробелы в знаниях [1 – 3]. Очевидно, что в подавляющем большинстве случаев контроль знаний сильно субъективизирован как по форме проведения, так и по содержанию. Его объективизация может быть достигнута и достигается в определенном объеме с помощью использования автоматизированных систем. Данное обстоятельство определяет актуальность задач, связанных как с автоматизацией отдельных этапов, так и процесса тестирования в целом. Существующие автоматизированные системы, используемые при обучении в школах, университетах и в системе профессионального образования, а также при оценивании знаний, преимущественно ориентированы на использование заданий тестового характера. Ответы на задания такого типа предполагают ответ «Да-Нет», иногда при этом необходимо выбрать один правильный ответ из нескольких предложенных. Очевидно, что такие задания, с одной стороны, не исчерпывают всего многообразия вопросов и задач, которые желательно задать лицу, знания которого оценивают при устной или письменной форме контроля, а с другой – не отражают, с

достаточной степенью адекватности, специфику традиционного контроля знаний. С целью сближения компьютерного обучения и контроля знаний с другими формами обучения и контроля знаний, существует классификация вопросов по типам, в зависимости от ответов. В указанной выше работе приводится решение проблемы формализации и приведения оценок ответов к одной шкале. К приведенной классификации вопросов необходимо добавить еще и такие, ответами на которые является указание правильной последовательности (объектов, процессов, действий и т.п.). Обсуждаемая классификация вопросов является достаточно полной, поскольку вопросы других возможных типов могут быть сведены к заданной номенклатуре [4].

При определении уровня знаний в классическом виде тестирования для каждого обучаемого формируется тест из определенного количества выбранных случайным образом заданий тестового пространства. При этом тесты различаются по сложности, а итоговая оценка определяется по количеству правильных ответов с учетом коэффициентов значимости заданий [5, 6].

В работах М. Б. Чельшковой и Ю. М. Нейман рассматривается понятие педагогических тестов [7, 8]. Педагогический тест – это система параллельных заданий равномерно возрастающей трудности, которые позволяют измерить уровень и оценить структуру подготовленности обучаемого.

По результатам тестирования можно указать

обучаемому на тот материал, который ему необходимо изучить для заполнения этих пробелов [9]. Тестовые задания имеют специфическую форму, что отражено даже в их определении. Задание, имеющее правильную форму, позволяет точно выразить содержание вопроса, понятное всем испытуемым, исключая возможность появления ошибочных ответов по формальным признакам [10, 11]. Виды заданий в тестовой форме могут быть весьма разнообразными, в частности, в [12] предлагается 24 формы тестовых заданий.

Особую актуальность обсуждаемая проблема имеет для организации тестирования знаний студентов, обучающихся в технических вузах. Это определяется характерной особенностью технического образования, а именно: жёсткой взаимосвязью между темами и разделами в рамках отдельных дисциплин; дисциплинами в цикле; циклов дисциплин в пределах направления подготовки.

Созданные на основе рассматриваемого подхода автоматизированные системы обучения и контроля знаний (далее – АСОКЗ) в настоящее время успешно применяются для реализации следующих видов компьютерного тестирования: централизованного вузовского, аттестационного, итогового, рубежного и текущего тестирования, а также оценки остаточных знаний обучаемых [13].

Однако существующие АСОКЗ совершенно не поддерживают развивающее тестирование, которое, в свою очередь, уместно было бы использовать для оценки контроля знаний, умений и навыков студентов заочного, дистанционного и последипломного образования, так как объем получаемых ими в процессе обучения знаний недостаточно широк, а задания в АСОКЗ формируются исходя из объема аудиторной нагрузки для студентов дневного отделения.

Цель статьи состоит в изложении метода формирования тестовых заданий, сочетающего в себе достоинства адаптивного тестирования с возможностью использования развивающей функции, что обеспечит приобретение недостающих базовых знаний обучаемыми непосредственно в процессе тестирования.

1. Постановка задачи

Исходными данными для формирования тестовых заданий, по конкретной дисциплине, является номенклатура типов тестовых заданий по этой дисциплине: задания закрытого типа, задания с выбором одного или нескольких верных ответов, задания с градуированными ответами, задания на соответствие и на установление последовательности; и открытого типа: дополнения и свободного изложения [14]. Набор тестовых заданий предварительно

подготавливаются педагогами или разрабатываются специально обученными людьми в области составления тестовых заданий – экспертами.

На первом этапе необходимо разработать процедуру компьютерной реализации процесса формирования тестовых заданий с целью выявления недостающих знаний, умений и навыков обучаемых.

Второй этап реализации задач предполагает разработку процедуры формирования тестовых заданий, которые дадут возможность реализовать развивающую функцию тестирования, то есть приобретения обучаемым знаний, умений и навыков по неосвоенным в ходе обучения разделам дисциплины непосредственно в ходе тестирования.

В результате решения задачи будут сформированы рекомендации по дальнейшему освоению «проблемных» разделов дисциплины.

2. Основные положения адаптивного подхода в организации тестирования с использованием АСОКЗ

Создание эффективных АСОКЗ предполагает, в частности, реализацию принципа адаптивности в форме выполнения следующих положений [4]:

- адаптивные технологии позволяют реализовать учащемуся индивидуальную траекторию обучения;
- нет смысла предлагать легкие задания подготовленному учащемуся в излишнем количестве, поскольку они снижают мотивацию к учебе;
- трудные задания, симметрично, нерационально предлагать «слабым» учащимся по той же причине.

В теории тестов известны три варианта адаптивного тестирования [15]:

- всем учащимся в начале тестирования даются задания средней трудности и затем, в зависимости от ответов, каждому определяется задание сложнее или легче;
- контроль знаний начинается с любого уровня сложности заданий и далее итерационно приближается к реальному уровню сложности, соответствующему уровню знаний;
- существует база знаний, с вопросами, распределенными по уровням сложности. При правильном ответе следующее задание выбирается из группы более сложных заданий, при неправильном – из более «легких».

Процедура формирования тестовых заданий имеет все признаки слабоструктурированности, поскольку содержит как количественные, так и качественные составляющие. Для ее анализа необходимо использовать технологии искусственного интеллекта, доминирующими из которых в АСОКЗ являются

продукционные правила и элементы теории нечетких множеств [4].

При разработке и реализации АСОКЗ необходимо решение ряда задач, связанных с интеграцией подсистем обучения и контроля знаний, их взаимосвязь и взаимозависимость. В большинстве современных систем эти подсистемы функционируют отдельно и независимо одна от другой. Такая независимость приводит к неэффективному контролю знаний, увеличению времени на его проведение. В то же время наличие взаимосвязи между подсистемами контроля и обучения даст возможность автоматически формировать задания, проводить обучение по результатам контроля знаний, контроль знаний по окончанию обучения и определять адаптивную стратегию обучения, что является одним из аспектов создания эффективных АСОКЗ. Таким образом, эффективная АСОКЗ должна быть по своей природе адаптивной системой. В ней должны быть предусмотрены процедуры досрочного прекращения контроля знаний в случае неполучения правильного ответа на один или несколько ключевых вопросов, а также процедуры предложения более «трудных» вопросов по мере получения правильных ответов. В работе [4] предложен подход к формализации соотношений между уровнем сложности вопросов, уровнем их комплексности, принадлежности к разным темам и уровнями иерархии, на которых они находятся, на основе графа вопросов. На нижнем уровне графа вопросов рационально размещать простые вопросы о свойствах объектов и процессов. На верхних уровнях должны быть расположены обобщающие вопросы, получение ответов на которые предусматривает не только интегральные знания, но и умение их применить к решению новых задач. Граф вопросов содержит три макроуровня:

- творческий, предполагающий знание теоретического материала и умение решения новых задач;
- воспроизведения, на котором находятся вопросы на знание теории и воспроизведение процесса решения задач;
- декларативный, содержащий вопросы на знание основных теоретических положений учебного курса.

Каждый из уровней может содержать несколько подуровней. Кроме горизонтальной структуры в графе вопросов присутствует и вертикальное разделение, с помощью которого чаще всего выделяются темы учебного курса.

Формально, позиционирование элементов в графе вопросов осуществляется следующим образом: пусть $Q(i,j,k,m_k,l, \Omega)$ – вопрос, имеющий i -й уровень сложности, находящийся на j -м уровне графа вопросов, относящийся к k -м теме (m_k -й ветке) и

имеющий показатель интегральности l (число l указывает на количество тем, знание которых необходимо для правильного ответа на вопрос), Ω – интегрирующий показатель, в котором учтены неуказанные выше факторы, допускающие, в свою очередь, декомпозицию.

Пусть количество уровней сложности вопросов равно I , количество уровней графа – J , количество тем учебного курса – K , количество подтем – M_k , максимальный показатель интегральности, в общем случае, совпадает с количеством тем и равен L . Для каждой из описанных характеристик заданы свои приоритеты. Наиболее приоритетной является интегральность вопроса, далее – его принадлежность теме, подтеме. Наименьший приоритет имеют сложность и уровень иерархии, на котором находится вопрос.

3. Онтологическое представление тестируемого учебного материала в АСОКЗ

Рассмотренный выше подход к формальному представлению знаний по тестируемой дисциплине в виде графа вопросов, при создании АСОКЗ целесообразно реализовать на основе онтологического представления тестируемого учебного материала. Создание онтологии предметной области учебного курса направлено на оптимизацию структуры и элементного базиса дисциплины с целью обеспечения полноты ее представления и порядка структурных элементов. При этом в качестве ядра АСОКЗ выступают онтологии предметных областей (учебных курсов), что даст возможность в автоматизированном режиме определять структуру процесса тестирования, а также обеспечить его полноту и верифицированность [4].

В работе [16] онтология определена как точная спецификация концептуализации. Разные точки зрения на такое определение обсуждаются в [17]. В частности, обозначены онтологии верхнего уровня, онтологии предметной области, онтологии задач и онтологии приложений.

Известно, что онтология для учебного процесса – это структурная спецификация предметной области (учебного курса), ее формализованное представление, которое включает словарь указателей на понятия области и логические связи, которые описывают, как они соотносятся друг с другом. Таким образом, онтологии включают в себя словарь для представления и обмена знаниями об изучаемой предметной области и множество связей, установленных между терминами этого словаря.

Общепринято онтологию предметной области представлять тройкой элементов

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

где X – конечное множество концептов, R – множество отношений между концептами, F – множество функций интерпретации концептов и отношений.

Графически онтология имеет вид сети, вершины которой являются терминами и отношениями, а ребра указывают на связи между ними.

Концепты онтологии из множества X между собой находятся в определенных отношениях из множества R . Выполним краткую интерпретацию этих отношений. Так, множество отношений является совокупностью

$$R = \langle R_1, R_2, R_3, R_4 \rangle,$$

где R_1 – отношение состава (часть и целое, частное и общее), R_2 – отношение определения (есть), R_3 – отношение типа атрибута (который), R_4 – отношение типа действия (составляет, предназначенный для, выполняет, формирует, ...). Указанный перечень отношений не является полным, однако он может быть расширен непосредственно в ходе разработки конкретной онтологии.

На практике, для разработки онтологий используют два подхода: нисходящий и восходящий [18].

При нисходящем подходе на низшем (начальном) уровне находятся элементарные единицы. Например, для учебных курсов, в которых изучаются теории (например, теория вероятностей) это могут быть неопределяемые понятия. На следующих уровнях находятся аксиомы, определения, теоремы, леммы, приложения. Применяя восходящий подход, на верхнем уровне размещают основные метапонятия курса, которые с теми или иными атрибутами многократно присутствуют в учебном материале.

Поскольку онтология имеет древовидную структуру, то существование отношений между концептами накладывает определенный отпечаток и на последовательность вопросов, которые будут заданы обучаемому. Заметим, что онтология имеет нисходящую структуру, предусматривающую, согласно принципам концептуального баланса, наличие на верхнем уровне 7 ± 2 концептов, которые являются основными структурными единицами учебного курса. На нижнем уровне находятся концепты, определяющие концепты высших уровней и, зачастую, являющиеся неопределяемыми понятиями в курсе.

Преподаватель формирует стратегию контроля знаний, согласно которой характер опроса имеет индуктивный или дедуктивный характер, что является следствием восходящего или нисходящего характера последовательности вопросов со значитель-

ной степенью субъективности. Для его уравновешивания и объективизации предлагается учитывать этапы контроля знаний, которые будут заключаться в прохождении последовательности вопросов через определенные горизонтальные уровни, отвечающие укрупненным концептуальным фрагментам и обеспечивающие его полноту.

Верификация процессов контроля знаний является достаточно сложной субъективизированной процедурой. Рассмотрим подход к контролю знаний, базирующийся на объективизации оценки учащегося посредством автоматизации процесса формирования множества вопросов и процедуры его реализации при соблюдении условия полноты. Композиция двух условий: полноты охвата учебного материала и минимизации информационной избыточности выполняется за счет построения отображения онтологии предметной области курса на формализованную схему проблемно-ориентированного представления учебного материала. В результате реализации структурно-онтологического подхода оптимизируется учебный процесс и повышается эффективность контроля знаний.

Рассмотрим аспекты формирования онтологии и структур учебных курсов. В качестве базового примера приведем этапы создания онтологии известного стандарта IDEF5:

- изучение и систематизация начальных условий с установлением основных целей разработки онтологии;
- сбор и накопление исходных данных;
- обработка данных, при которой анализируется и группируется исходная информация;
- начальное развитие онтологии – формируется предварительный вариант;
- уточнение и верификация онтологии [4].

4. Адаптивный метод формирования тестов в процессе функционирования АСОКЗ

Примем в качестве основного предположения наличие в составе АСОКЗ интеллектуальной компоненты, представленной в форме онтологической системы. В составе этой системы должны находиться: метаонтология «Направление подготовки», составленная на основе соответствующего курикулула; онтологии отдельных дисциплин, читаемых в рамках направления подготовки.

Исходными данными для реализации процедуры адаптивного тестирования, включающего развивающую функцию, является совокупность тестовых заданий по конкретной дисциплине (или циклу дисциплин), которая предварительно разработана экспертами. Экспертами в данном случае могут

выступать ведущие преподаватели, либо методисты кафедр, имеющих статус ведущих по соответствующему направлению подготовки. Тестовые задания заносятся в базу данных АСОКЗ.

На первом этапе реализации метода производится тестирование обучаемых с помощью тестов, составленных из тестовых заданий случайным образом.

Второй этап предполагает выявление отсутствующих знаний у каждого из тестируемых путем соотнесения неправильных ответов с соответствующими элементами онтологий учебных дисциплин.

Третий этап предполагает уточнение границ областей отсутствующих знаний. Данный этап метода реализуется в среде онтологической системы.

На четвертом этапе для каждой выявленной области формируются тесты из тестовых заданий тех типов, которые способны предоставить базовые знания обучаемому непосредственно в ходе данного этапа тестирования. Проводится тестирование и оценивание результатов.

Пятый этап посвящен формированию рекомендаций по дальнейшему усвоению обучаемым учебного материала. При этом рекомендации формируются компьютером автоматически, на основе тех тестовых заданий, относящихся к области отсутствия знаний, которые не вошли в тесты четвертого этапа.

Выводы

1. Проведен анализ публикаций, посвященных состоянию проблемы повышения эффективности процесса тестирования обучаемых по заочной, последипломной и дистанционной формам образования.

2. Рассмотрены особенности применения средств онтологического инжиниринга при создании автоматизированных систем оценки и контроля знаний.

3. Проанализированы возможности совмещения, в рамках одной процедуры, адаптивного подхода и развивающей функции тестирования.

4. Предложен метод формирования тестов, сочетающий в себе адаптивность с развивающей функцией.

Литература

1. Клайн, Пол. *Справочное руководство по конструированию тестов [Текст] / Пол Клайн. – К. : ПАН Лтд, 1994. – 288 с.*
2. Майоров, А. Н. *Теория и практика создания тестов для системы образования [Текст] / А. Н. Майоров. – М. : Интеллект-центр, 2001. – 296 с.*
3. Крокер, Л. *Введение в классическую и современную теорию тестов [Текст] : учеб. пособие / Л. Крокер, Дж. Алгина : пер. с англ. Н. Н. Найденовой, В. Н. Симкина, М. Б. Чельшиковой ; под общ. ред. В. И. Звонникова, М. Б. Чельшиковой. – М. : Логос, 2010. – 668 с.*
4. Снитюк, В. Е. *Интеллектуальное управление оцениванием знаний [Текст] : моногр. / В. Е. Снитюк, К. Н. Юрченко. – Черкассы : ТОВ-Маклаут, 2013. – 262 с.*
5. Сергеев, В. В. *Адаптивное тестирование в системах дистанционного обучения [Электронный ресурс] / В. В. Сергеев. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/65577.html>. – 15.06.2014.*
6. Бабенко, Л. П. *Онтологический подход к спецификации свойств программных систем и их компонентов [Текст] / Л. П. Бабенко // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 1. – С. 180–187.*
7. Чельшикова, М. Б. *Теория и практика конструирования педагогических тестов [Текст] : учеб. пособие / М. Б. Чельшикова. – М. : Логос, 2002. – 432 с.*
8. Нейман, Ю. М. *Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов [Текст] / Ю. М. Нейман, В. А. Хлебников. – М., 2000. – 168 с.*
9. Алехин, Е. И. *Основы разработки тестов [Электронный ресурс] / Е. И. Алехин. – Режим доступа: http://ec.univ-orel.ru/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=11&Itemid=57. – 28.09.2012.*
10. Красильникова, В. А. *Теория и технологии компьютерного обучения и тестирования [Текст] : моногр. / В. А. Красильникова. – М. : Дом педагогики, ИПК ГОУ ОГУ, 2009. – 339 с.*
11. Ким, В. С. *Тестирование учебных достижений [Текст] : моногр. / В. С. Ким. – Уссурийск : Изд-во УГПИ, 2007. – 214 с.*
12. Распопов, В. М. *Программирование и организация самостоятельной работы учащихся [Текст] / В. М. Распопов. – М. : Высш. шк., 1989. – 55 с.*
13. Красильникова, В. А. *Подготовка заданий для компьютерного тестирования [Текст] : метод. рекомендации / В. А. Красильникова. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2004. – 31 с.*
14. Атанов, Г. А. *Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы [Текст] / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк : Изд-во ДОУ, 2002. – 504 с.*

15. Аванесов, В. С. *Научные проблемы тестового контроля знаний [Текст] / В. С. Аванесов. – М. : Иссл. центр проблем качества подготовки специалистов, 1994. – 135 с.*

16. Gruber, T. R. *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing [Text] / T. R. Gruber // International Journal Human-Computer Studies. – 1995. – Vol. 43, Issue 5-6. – P. 907–928.*

17. Guarino, N. *Formal ontology in information systems [Text] / N. Guarino // In Proceedings of FOIS'98. – Trento, Italy, 1998. – P. 3–15.*

18. *Кибернетическая педагогика: онтологический инжиниринг в обучении и образовании [Текст] : моногр. / К. А. Метешкин, О. И. Морозова, Л. А. Федорченко и др. – Х. : ХНАГХ, 2012. – 207 с.*

Поступила в редакцию 15.06.2014, рассмотрена на редколлегии 17.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой экономики и маркетинга В. М. Вартамян, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

АДАПТИВНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ РОЗВИВАЛЬНОГО ТЕСТУВАННЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ВНЗ

В. Д. Петренко

Проведено огляд публікацій, присвячених адаптивному тестуванню й тестуванню з розвивальною функцією, а також робіт, в яких розглянуто питання онтологічного моделювання знань в системі освіти. Відображено особливості організації процесу тестування знань з використанням онтологій, проаналізовано загальні принципи створення онтологій предметних областей та існуючі підходи до створення онтологій навчальних дисциплін. Розглянуто адаптивні технології тестування знань. Наведено постановку задачі формування тестових завдань з використанням різних типів тестових завдань, визначено три етапи процедури тестування. Запропоновано метод формування тестових завдань, який поєднує в собі адаптивність з розвивальною функцією тестування. У перспективі передбачено застосування даного методу при побудові комп'ютерних систем тестування учнів по заочній, післядипломній та дистанційній формах навчання.

Ключові слова: тестування, тестове завдання, адаптивність, розвивальна функція тестування, онтологічний інжиніринг, студенти ВНЗ.

ADAPTIVE METHOD OF FORMING TASKS FOR STUDENT'S DEVELOPMENTAL TESTING OF TECHNICAL HIGH SCHOOL'S

V. D. Petrenko

The review of publications on the adaptive testing and testing with developmental functions, as well as works that address the ontological modeling knowledge in the education system. The features of the organization of the testing process knowledge using ontologies, analyzed the general principles of domain ontologies and existing approaches to ontology creation of academic disciplines. Considered adaptive testing technology knowledge. Shows the formulation of the problem of formation of tests using different types of tests, defined three stages of testing procedures. Proposed a method of forming the test tasks that combines adaptability with developmental function testing. It is planned to use this method in the construction of computer systems testing students on part-time, postgraduate and distance learning.

Keywords: testing, test task, adaptability, developmental function of testing, ontological engineering, high school's students.

Петренко Валерия Дмитриевна – аспирант каф. Инженерии ПО, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: petrenko.valeriia@gmail.com.