

Принятие решений в интеллектуальных обучающе-тестирующих системах, основанное на смешанных диагностических тестах¹

Аннотация. Рассматривается задача принятия решения в обучающе-тестирующих системах с использованием элементов нечеткой логики. Излагается предыстория вопроса, дается постановка задачи. Описывается методика прохождения обучения, тестирования и контроля. Приводится неформальное описание алгоритма построения смешанных диагностических тестов с одновременным принятием решения. Предлагается конструирование прикладной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы на основе интеллектуального инструментального средства ИМСЛОГ. Приводятся направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: принятие решений, смешанные диагностические тесты, интеллектуальная обучающе-тестирующая система, дидактические единицы учебной дисциплины, студент, нечеткая логика, неопределенность.

Введение

В последнее время интеллектуальные контролирующие и обучающие системы получают всеобщее признание и широкое распространение, что подтверждается не только большим количеством публикаций [1–16] в данном направлении, но и большим количеством отечественных и зарубежных конференций. Увеличение объема информации, которую необходимо изучить, закрепить, а также проверить уровень его усвоения в учебном процессе, определяет необходимость создания интеллектуальных систем оценки знаний. Наиболее значимыми из этих конференций являются конференции по компьютерным и продвинутым технологиям в образовании, проводимые Международной ассоциацией развития наук и образования (International Conference Computers and Advanced Technology in Education), организатором которых является Международная ассоциация по развитию наук и технологий (The International Association of Science and Technology for Development, Canada); междуна-

родные научно-практические конференции и семинары "Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте"; национальные конференции по искусственному интеллекту с международным участием; международных научно-технические конференции "Интеллектуальные системы", "Интеллектуальные САПР"; ежегодные конгрессы по интеллектуальным системам и информационным технологиям и др.

В последние годы в связи с созданием системы управления качеством подготовки специалистов в российских вузах становится весьма актуальным создание обучающих, контролирующих и тестирующих систем. Этим объясняется большое количество разработанных методик определения показателей обучаемости респондентов и создание разнообразных систем контроля и обучения с применением современных информационных технологий. Обоснованность и целесообразность создания интеллектуальных систем с нечеткой логикой дана в публикациях А.С. Нариньяни [17], а в сфере образования - в статье [5], в которой

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №10-01-00462-а, проект №11-07-98015-р_сибирь_a.

показаны преимущества применения нечеткой логики при построении таких систем. Математический аппарат нечеткой логики позволяет формализовывать и преобразовывать количественные показатели в качественные.

При создании системы управления качеством подготовки специалистов в российских вузах Национальное аккредитационное агентство в сфере образования проводит с 2005 года эксперимент (на основе независимой внешней оценки) по введению Федерального экзамена в сфере высшего профессионального образования (ФЭПО). В рамках этого эксперимента проводится компьютерное тестирование в части внешней оценки уровня подготовки студентов на соответствие требованиям государственных образовательных стандартов (ГОС) [18]. Тестирование знаний студентов проводится с использованием Интернета в режиме off-line или on-line. За шесть лет проведения эксперимента (2005-2011 гг.) количество вузов-участников возросло с 58 до 874, при этом количество образовательных программ, обеспеченных тестовыми материалами, увеличилось с 405 до 11539 [18]. Для подготовки студентов к Интернет-тестированию по основным образовательным программам (ООП) разработана методика. Данная методика сопровождается учебными пособиями, которые включают тестовые задания по дидактическим единицам государственного образовательного стандарта (например, для дисциплины "Информатика" предназначено пособие [19]).

Концептуальной основой модели оценки качества подготовки студентов на соответствие требованиям ГОС является оценка освоения всех дидактических единиц (ДЕ) дисциплины на уровне требований ГОС [20]. Согласно этой модели подготовка студента оценивается по каждой ДЕ путем сравнения количества правильно выполненных заданий с критерием освоения. Подготовка студента считается соответствующей требованиям стандарта, если он освоил все предъявляемые к тестированию ДЕ ГОС. Для каждой основной образовательной программы показателем освоения дисциплины является доля студентов (не менее 50%), освоивших все дидактические единицы дисциплины.

При проведении тестирования предполагается, что во всех используемых для оценки освоения ГОС аккредитационных педагогических измерительных материалах выполнение зада-

ний требует использования знаний и умений в знакомой ситуации, т. е. задания рассчитаны на типовые действия. В ходе тестирования студенту может быть предложено до пяти основных типов заданий (с выбором одного правильного ответа из четырех - пяти вариантов ответа; с выбором нескольких правильных ответов из предложенных; на установление правильной последовательности; на установление соответствия двух списков; с открытым ответом). Для решения каждого задания отводится около 2 минут. При этом набор тестовых вопросов для каждого студента генерируется псевдослучайно (при условии, что в ходе тестирования представлены вопросы по всем контролируемым ДЕ) из существующей базы тестовых заданий, но последовательность их заранее определена.

Принятие решения в условиях неопределенности при подведении итогов обучения, контроля и тестирования в интеллектуальных обучающе-тестирующих системах является, несомненно, актуальной задачей.

Одним из эффективных средств оценки знаний студентов являются диагностические тесты, которые в исследованиях [4, 21, 22] включены в состав закономерностей, используемых при принятии решений в интеллектуальных системах, основанных на тестовых методах распознавания образов. Показано, что наиболее эффективным средством для оценки знаний студентов является применение смешанных диагностических тестов (СДТ), представляющих собой оптимальное сочетание безусловных и условных составляющих [23, 24]. Отличительной особенностью СДТ является то, что они позволяют принимать решение одновременно при их построении [24].

Классические методы принятия решений хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде. Для систем в условиях неопределенности, т.е. ориентированных на применение нечеткой логики, и высокой сложностью объекта управления, к каковым относятся и интеллектуально-обучающие системы, целесообразно использовать нечеткие методы управления. В данной статье в отличие от используемых в настоящее время систем контроля знаний, предусматривающих только два ответа: - тест успешно пройден и тест не пройден - предлагается ввести вероятностную оценку сложности теста, определяющую степень уверенности

эксперта в оценке его сложности. Это позволит перейти от ответов "да/нет" к серым шкалам Поспелова [25], предоставляющим возможность оценить ответ в условиях неопределенности. Кроме того, в отличие от исследований по тестированию и обучению [8–11], где используется автоматная модель контроля знаний, в данном исследовании предлагается осуществлять обучение и тестирование студентов в системах контроля качества образования на основе смешанных диагностических тестов (СДТ) [23], являющихся новой парадигмой построения как проверяющих, так и диагностических тестов. Работа в этом направлении начата в 2009 году, часть результатов опубликовано в статьях [12, 13, 15, 26, 27].

Данная публикация посвящена основам построения СДТ с использованием элементов нечеткой логики в целях принятия решений в интеллектуальных системах для оценки знаний в условиях неопределенности.

1. Предыстория.

Основные определения и понятия.

Постановка задачи

Предыстория. Предложенная А.Е. Янковской для обучения и контроля знаний автоматная модель была реализована в интеллектуальных обучающих системах для контроля знаний по линейной алгебре [10, 11], а также обучения и контроля решения задач по нахождению кратчайшего покрытия булевой матрицы [9, 10] и для ряда задач из других проблемных областей. Оценка результата решения задач зависела от оптимальности пути, по которому было получено решение.

Однако в публикациях [8–11] не рассматривалась последовательность предъявляемых к решению задач, от которой также существенно зависит объем усвоенного материала (дидактических единиц). Отметим, что в настоящее время порядок изучения некоторых разделов дисциплины, также как и некоторых дидактических единиц внутри раздела не имеет значения. При этом в большинстве случаев изучение и освоение последующих разделов дисциплины и их дидактических единиц зависит от знаний студентов, полученных при изучении предыдущих разделов дисциплины (дидактических единиц).

В связи с этим предлагается использовать, как указано выше, смешанные диагностические тесты [23, 24], явившиеся новой парадигмой создания интеллектуальных систем, основанных на тестовых методах распознавания образов. Преимущества смешанных диагностических тестов приведены в статье [24]. Используемые в настоящей статье смешанные тесты аналогичны введенным в статье [23], поскольку безразличен порядок тестирования ряда разделов из выбранной дисциплины, а порядок оставшейся части разделов существенно связан с порядком прохождения обучения и индивидуален не только для каждого студенческого потока, но и для каждого студента.

Основные определения и понятия. Введем основные понятия и определения.

Сопоставим разделам внутри дисциплины групповые характеристические признаки, а дидактическим единицам – характеристические признаки.

Будем считать тест *диагностическим*, если в результате его прохождения студенту доступен правильный результат и *проверяющим*, если доступен только итоговый результат [27]. Предполагается, что респонденты (студенты) по итогам тестирования разбиты на два класса: соответствующих и несоответствующих требованиям ГОС [20], также как и дисциплины, предъявляемые к тестированию.

Введем ряд используемых далее понятий. Под объектом будем понимать респондентов, участвующих в тестировании. Будем делить объекты на классы по степени освоения (материалом не владеет, удовлетворительно владеет материалом, хорошо владеет материалом, владеет материалом на высоком уровне) учебного материала.

Диагностическим тестом называется совокупность групповых характеристических признаков различающих любые пары объектов соответственно, принадлежащих разным классам. Далее вместо термина диагностический тест будем использовать термин тест.

Безусловный проверяющий также как и *диагностический тест* (БДТ) характеризуется одновременным предъявлением всех входящих в него признаков исследуемого объекта (студента, дисциплины) при принятии решений, а при *условном проверяющем (диагностическом) тесте* признаки предъявляются последовательно в зависимости от значений предыдущих признаков.

Отметим, что после ответа на каждый вопрос вычисляется полученная респондентом оценка в зависимости от сложности ответа, задаваемой, как было ранее указано, экспертами в виде степени сложности теста (вопроса).

Тест на основе СДТ считается успешно пройденным, если оценка респондента достигла среднюю величину (среднее арифметическое) от максимально возможной оценки. После прохождения теста респондент получает качественную оценку, например, плохо, удовлетворительно, хорошо, отлично, что, соответственно, означает: материалом не владеет, удовлетворительно владеет материалом, хорошо владеет материалом, владеет материалом на высоком уровне.

Как излагалось ранее, СДТ представляют собой оптимальное сочетание безусловных и условных составляющих теста. Термин "смешанный" введен в 1996 году [23]. Обоснованность, эффективность и перспективность применения СДТ связаны с возможностью последовательного извлечения информации об исследуемом объекте для условной составляющей СДТ, с преимуществами использования безусловных составляющих тестов при построении решающих правил [22, 24, 28], а также с целесообразностью применения СДТ при организации интеллектуального интерфейса, т.е. при построении опросника [28].

Постановка задачи. Сформулируем задачу, решаемую в данном исследовании. Дана дисциплина, разбитая на разделы, каждый из которых состоит из дидактических единиц. Необходимо для рассматриваемой дисциплины и каждого ее раздела построить смешанный диагностический тест с использованием элементов нечеткой логики.

Отметим, что построение СДТ производит высоко квалифицированный эксперт в соответствующей проблемной области (изучаемой учебной дисциплины).

2. Построение смешанных диагностических тестов

Методика построения смешанных диагностических тестов. Для обучения, тестирования и контроля знаний студентов могут быть использованы различные модели: автоматные, графовые (сетевые, древовидные) [8–11, 16] и др.

В публикациях [8–11] оценка результата решения задач зависела от оптимальности пути, по которому было получено решение. Для анализируемого списка дисциплин высококвалифицированный специалист в данной проблемной области знаний должен разбить множество разделов каждой дисциплины на два подмножества. Первое подмножество включает безусловную составляющую СДТ, т.е. разделы дисциплины (групповые характеристические признаки), а также дидактические единицы (характеристические признаки), которые предъявляются студентам (респондентам) в произвольном порядке следования.

Представим возможные последовательности предъявляемых тестовых заданий в виде дерева поиска. Корневой вершине дерева поиска сопоставляется безусловная составляющая смешанного теста. Предъявление группового характеристического признака так же как и характеристического признака из второго подмножества, а именно, условной составляющей теста зависит от того, какой предыдущий признак был предъявлен на соответствующем уровне дерева поиска. Каждая ветвь дерева представляет собой допустимую последовательность действий по выбору раздела (дидактической единицы), приводящая к листу. Каждому листу сопоставляется результат прохождения теста.

Следует отметить, что порядок следования признаков на одном уровне дерева поиска не имеет значения. Обход ветвей дерева поиска осуществляется слева направо.

Проиллюстрируем вышеприведенную методику построения смешанного диагностического теста по дисциплине "Информатика".

Иллюстрирующий пример. В рамках настоящей статьи приведен иллюстрирующий пример построения смешанного диагностического теста по дисциплине "Информатика" (200 часов) для студентов (объекты из обучающейся выборки), обучающихся по специальности 270102.65 – Промышленное и гражданское строительство [27].

Для построения смешанного теста будем использовать требования ГОС к обязательному минимуму содержания ООП. Перечислим основные разделы дисциплины (*групповые характеристические признаки*):

1. Понятие информации;
2. Общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации;

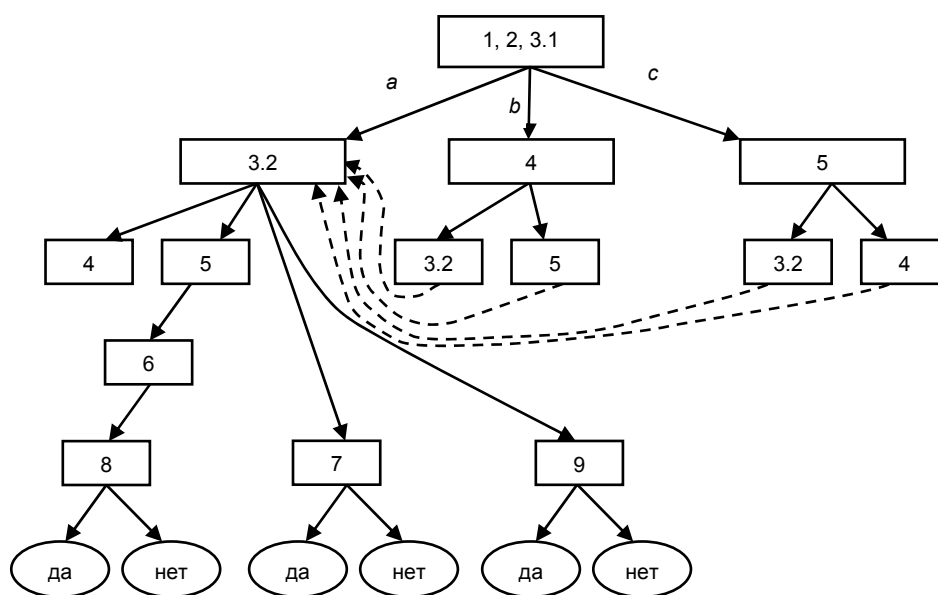


Рис.1. Дерево поиска

3. Технические и программные средства реализации информационных процессов;

4. Модели решения функциональных и вычислительных задач;

5. Алгоритмизация и программирование;

6. Языки программирования высокого уровня;

7. Базы данных;

8. Программное обеспечение и технология программирования;

9. Компьютерная графика;

10. Компьютерный практикум.

Каждый из групповых характеристических признаков содержит различное количество (от 4 до 8) дидактических единиц (*характеристических признаков*).

Исходя из опыта проведения тестирования в Томском государственном архитектурно-строительном университете (2007-2011 гг.) по методике, предложенной Росаккредагентством, среди студентов различных специальностей, курсов и факультетов ТГАСУ к безусловной составляющей СДТ следует отнести характеристические признаки из раздела 1-3. Предварительно групповой характеристический признак (раздел 3) необходимо разделить на два: «3.1. Технические средства реализации информационных процессов» и «3.2. Программные средства реализации информационных процессов».

К условной составляющей СДТ относятся групповые характеристические признаки 3.2, 4-9, причем тестовые задания по разделам 6-9 имеет

смысл включать в диагностический тест на заключительной стадии проведения тестирования.

На Рис. 1 приведено дерево поиска, уточненное по сравнению с приведенным в публикации [27]. В корневой вершине перечислены разделы дисциплины, отнесенные к безусловной составляющей СДТ (1, 2 и 3.1). В остальных вершинах, представленных прямоугольниками, приведены номера разделов дисциплины. Переход к контролю или тестированию знаний по разделам дисциплины, отнесенным к условной составляющей СДТ (обозначен на Рис. 1 буквами на ребрах) осуществляется при условии, если студент (объект) успешно выполнил задание по безусловной составляющей диагностического теста (набрал не менее 50 % правильных ответов). Листьям дерева, представленным в виде овалов, сопоставляется результат прохождения теста (да/нет). Ребра дерева, обозначенные с помощью пунктирной стрелки, обозначают возможные переходы при прохождении условной составляющей СДТ.

По использованной методике проведения ФЭПО тестирования (контроля) студент может пропускать, а затем возвращаться к любому из предложенных тестовых заданий. При построении СДТ такая возможность исключается и студенту предлагается изучить тот раздел, от которого зависит изучение и освоение последующих разделов. На Рис. 1 показана полная последовательность прохождения условной составляющей СДТ только для дидактической

единицы с номером 3.2. После выполнения этой условной составляющей респондент (студент) может приступить к выполнению заданий из раздела 4 или 5 (аналогично при выполнении заданий для разделов 4 и 5 можно приступить к выполнению заданий из разделов 3.2 и 5, 3.2 и 4 соответственно). Одним из возможных вариантов прохождения условной составляющей теста является следующая допустимая последовательность (3.2, 4, 5, 6, 8, 7, 9). Раздел 10, как прикладная практическая часть (на Рис. 1 этот раздел не показан), может быть опосредованно (с использованием типовых практических примеров) представлен в каждом из разделов 1-9.

3. Схема прохождения обучения, контроля, тестирования

Отметим, что в рассматриваемой нами системе можно проходить не только обучение и тестирование, но и осуществлять контроль знаний [26]. На Рис. 2 приведена концептуальная схема прохождения обучения, контроля, тестирования в обучающе-тестирующей системе. Строкам таблицы сопоставлены тестовые вопросы, предъявляемые респонденту при прохождении безусловной составляющей теста, столбцам - номера ответов респондента, где n - число вопросов (мощность безусловной состав-

ляющей теста), k - максимальное число различных ответов. Элемент таблицы, лежащий на пересечении i -й строки и j -го столбца, задает вес j -го ответа по i -му вопросу, $0 \leq a_{ij} \leq 1$. В результате прохождения безусловной составляющей СДТ вычисляется средний вес ответа по всем вопросам. Отметим при этом, что максимальное число ответов на вопрос равно k , и, как следствие, количество ответов не на все вопросы могут достигать величины k , что не отражено на Рис. 2.

Обозначим через p ($0 \leq p \leq 1$) степень усвоения респондентом тестируемой дисциплины или дидактических единиц. Если респондент набрал наперед заданную величину p_r ($0 \leq p_r \leq 1$) для данной дисциплины или дидактической единицы, то, в случае обучения, он допускается к прохождению условной составляющей СДТ, представленной в виде ориентированного графа в нижней части Рис. 2, где $1 \leq i \leq m$, $2 \leq j \leq k$ (число вопросов по каждой условной составляющей теста). В случае контроля (тестирования), если заданная величина p_r не достигнута, то респондент не допускается к прохождению условной составляющей СДТ. При обучении респондент проходит повторное изучение материала по разделам дисциплины, по которым набрана величина ниже наперед заданного значения p_r ($p_r < p$).

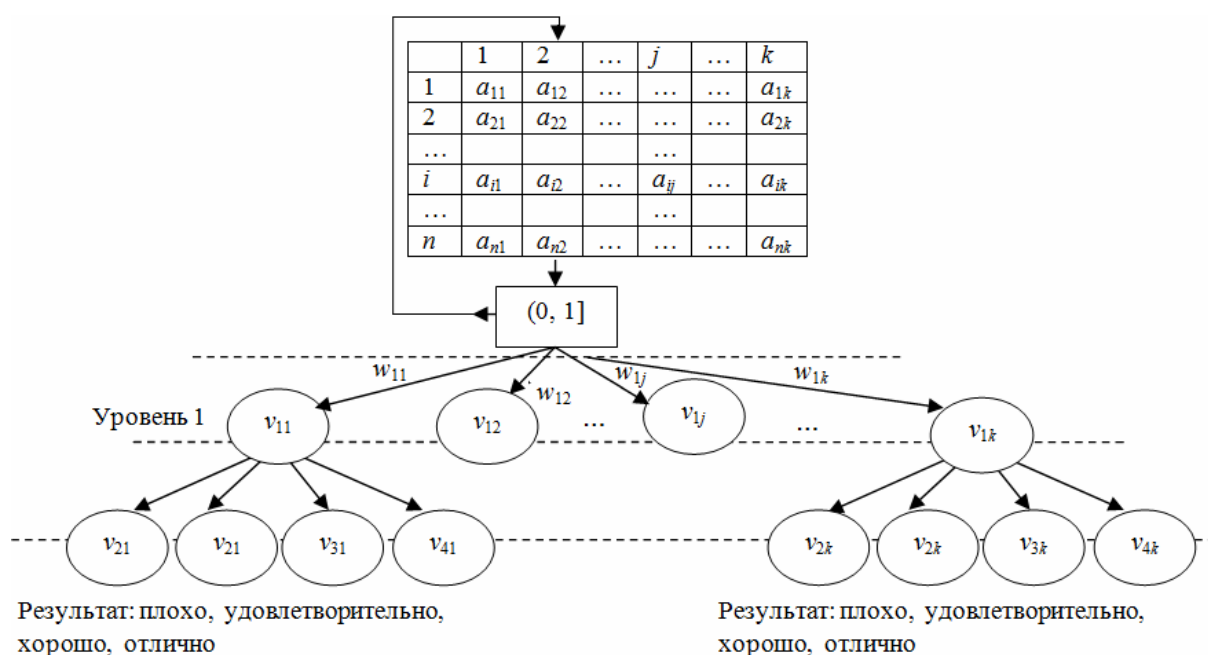


Рис. 2. Концептуальная схема прохождения обучения (контроля, тестирования) в обучающе-тестирующей системе

4. Блок-схема алгоритма построения смешанного диагностического теста

Приведем неформальное описание алгоритма и блок-схему построения СДТ, используемого для принятия решения в интеллектуальной обучающе-тестирующей системе с использованием элементов нечеткой логики.

Перед началом работы алгоритма необходимо указать режим использования СДТ (обучение, контроль, тестирование). Далее для каждой дисциплины или дидактической единицы необходимо выполнить следующий алгоритм формирования очередного СДТ (Рис.3) [26].

1. Присвоить каждому вопросу (каждой компоненте безусловной и условной составляющих СДТ) вес w_{ij} ($1 \leq i \leq n$, $2 \leq j \leq k$ для безусловной составляющей и $1 \leq i \leq m$, $2 \leq j \leq k$ для условной составляющей теста) в интервале от 0 до 1.

2. Сгенерировать безусловную составляющую очередного СДТ.

3. Найти вес S безусловной составляющей СДТ, равный сумме весов всех компонент w_{ij} безусловной составляющей СДТ.

4. Вычислить набранную респондентом сумму весов ответов S' по компонентам безусловной составляющей СДТ. Найти $p = S'/m$. Вычислить p_r по каждой условной составляющей и разделить полученный результат на число вопросов по каждой из составляющих (условная и безусловная) СДТ.

5. Если $p - p_r \geq 0$, то перейти к пункту 8.

6. При обучении, если респондент не набрал требуемую сумму весов ответов, то перейти к пункту 7. В случае тестирования принять решение о неудовлетворительной оценке результата и выдать рекомендацию на повторное прохождение обучения. Перейти к пункту 15.

7. Выдать рекомендации респонденту по итогу прохождения безусловной составляющей СДТ. Перейти к пункту 2.

8. Сгенерировать первую компоненту условной составляющей анализируемого СДТ.

9. Предъявить респонденту очередную компоненту условной составляющей рассматриваемого СДТ.

10. Увеличить сумму весов ответов респондента на вес полученного ответа по очередной компоненте условной составляющей СДТ.

11. Проверить, предъявлены ли респонденту все компоненты условной составляющей рассматриваемого СДТ. Если нет, то сгенерировать очередную компоненту условной составляющей анализируемого СДТ и перейти к пункту 9. Если проанализированы не все условные компоненты СДТ, то перейти к пункту 8.

12. Проанализировать набранную сумму весов ответов респондента по итогу прохождения СДТ.

13. Выставить оценку респонденту, т.е. принять решение по прохождению СДТ на основе набранного суммарного веса ответов.

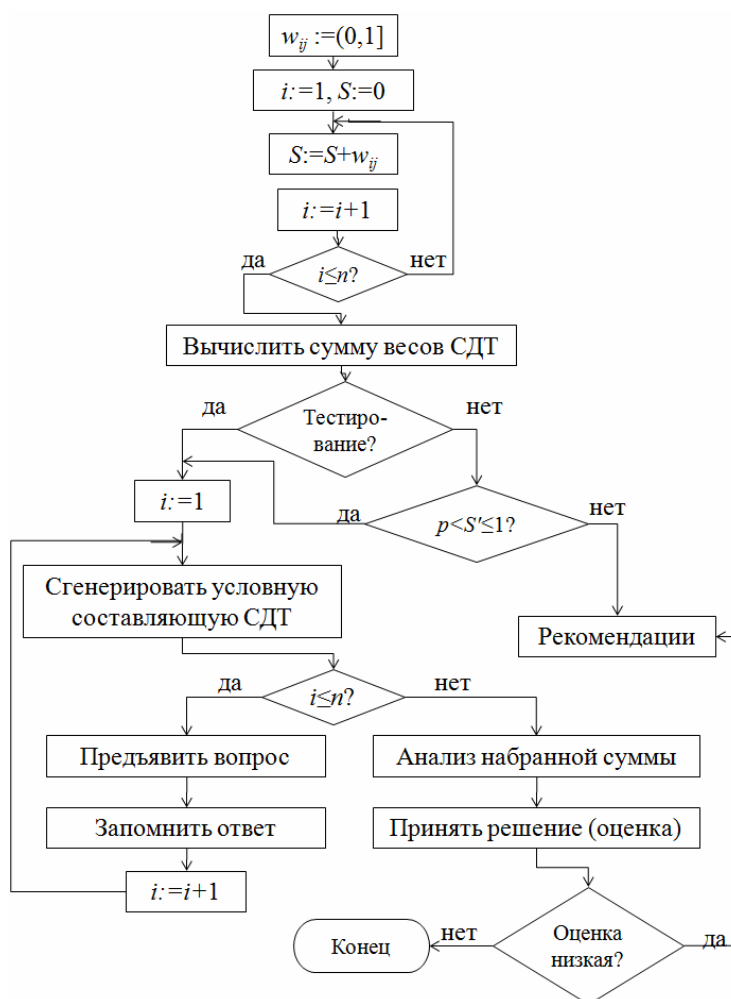


Рис. 3. Блок-схема алгоритма построения СДТ

14.Если оценка не удовлетворяет критерию прохождения теста, то выдать рекомендации респонденту по итогу прохождения условной составляющей СДТ и перейти к пункту 2.

15.Конец.

5. ИМСЛОГ для конструирования прикладной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы

Предлагается для конструирования прикладной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы осуществлять на основе интеллектуального инструментального средства (ИИС) ИМСЛОГ [29,30], предназначенного для выявления различного рода закономерностей [4, 22, 31], принятия решений и их обоснования с использованием графических, включая когнитивные, средств.

Архитектура ИИС ИМСЛОГ является открытой и представляет собой пополняемую (изменяемую) иерархическую систему программных модулей. Один модуль является резидентным, выполняет функции координирующего центра и называется ядром. Все остальные модули являются динамически подключаемыми, называются плагинами и подразделяются на функциональные модули и модули системных данных. Функциональные модули реализуют отдельные подсистемы и функции, включая различные подходы и алгоритмы тестового распознавания образов.

Во избежание появления неверных решений доступ пользователей к базе знаний ограничен просмотром значений и принятием решений по исследуемому объекту (в данной ситуации – студенту).

Модуль интеллектуального интерфейса обеспечивает интерактивное взаимодействие пользователя с ядром на ограниченном естественном языке посредством интеллектуальной графической оболочки либо консольного приложения. Для построения интеллектуального пользовательского интерфейса применяется, кроме вышеприведенного интерфейса, смешанные диагностические тесты [32].

Модуль подключения к базе знаний выполнен в формате динамически подключаемого модуля – плагина для ИИС ИМСЛОГ и осуществляет доступ к данным обучения (контроля) студентов посредством технологии ActiveX

Data Objects (ADO). На основе результатов обучения (контроля, тестирования) рассматриваемого респондента формируется описание этих результатов, которое впоследствии используется для вынесения оценки по итогам прохождения обучения (контроля, тестирования) знаний респондентов (студентов) и формирования рекомендаций.

Заключение

Впервые предложено осуществлять принятие решений в интеллектуальных обучающе-тестирующих системах с использованием элементов нечеткой логики, а также в целях обучения, контроля и тестирования использовать смешанные диагностические тесты, применение которых позволяет одновременно с их построением принимать решение.

Описана предыстория исследований в направлении применения диагностических тестов для построения обучающе-тестирующих интеллектуальных систем.

Изложена методика построения смешанных диагностических тестов, позволяющая адекватно оценить знания респондентов (студентов), посредством оптимизации пути прохождения обучения, тестирования, контроля.

Приведена схема прохождения обучения, контроля и тестирования в обучающе-тестирующей системе, дано неформальное описание алгоритма построения смешанных диагностических тестов с использованием элементов нечеткой логики, блок-схема для оценки знаний, как в целях обучения, контроля, так и тестирования.

Предложенный алгоритм предполагается реализовать в интеллектуальной обучающе-тестирующей системе, сконструированной на основе ИИС ИМСЛОГ [28].

В дальнейшем планируется провести исследования, которые позволят выбрать для каждой дисциплины, разбитой на разделы, состоящей из дидактических единиц, наиболее адекватную структурную среднюю величину (мода, медиана, среднее геометрическое, гармоническое или другое).

Кроме того, предлагается проведение исследований для выработки рекомендаций эксперту (программному агенту) для каждой основной образовательной программы по определению веса тестовых заданий, а именно, веса каждой компоненты условной и безусловной состав-

ляющих смешанного теста в зависимости от количества вариантов ответов и типа тестового задания (например, вопросы с единственным или множественным выбором, вопросы с открытым ответом, вопросы на упорядочение и соответствие).

Литература

- Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. Отв. ред. А.М. Довгялло; АН УССР. Институт кибернетики. – Киев. Наук. думка. 1992. – 196 с.
- Журавлев Ю.И., Гуревич И.Б. Распознавание образов и анализ изображений / Искусственный интеллект в 3-х кн. Книга 2. Модели и методы: Справочник/ Под ред. Д.А. Пospelova. М.: Радио и связь. 1990. – С. 149-191.
- Brusilovsky P., Miller P. Web-based testing for distance education // World Conference of the WWW and Internet. Proc. of WebNet'99. Honolulu, HI, Oct. 24-30, 1999, AACE. – P. 149-154.
- Янковская А. Логические тесты и средства когнитивной графики в комплексе интеллектуальных систем. LAP Lambert Academic Publishing. 2011. – 92 с.
- Мелихова О.А., Мелихова З.А. Использование нечеткой математики при моделировании систем искусственного интеллекта // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов V Междунар. научно-практической конференции. Коломна, 28-30 мая 2009 г. – С. 728-742.
- Войт Н.Н. Разработка метода нечеткой оценки проектных характеристик обучаемого инженера для автоматизированных обучающих систем САПР // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. Коломна, 28-30 мая 2009 г. – С. 808-821.
- Рыбина Г.В., Бороздин Д.С., Рудаков А.А. Некоторые подходы к моделированию не-факторов знаний в обучающих интегрированных экспертных системах // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов V Междунар. научно-практической конференции. Коломна, 28-30 мая 2009 г. – С. 751-759.
- Yankovskaya A., Yevtushenko N. FSM-Based Knowledge Representation in a Computer Tutoring system // Proc. of the ICCE 95, USA, Singapore, 1995. – P. 66-72.
- 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.
- Yankovskaya A., Yevtushenko N., Parshina N. FSM-based Model of Computer Tutoring System // Proc. of the International Conference ISEL. Tools and Application, Austria, Villach, 1999. – P. 5.
- Евтушенко Н.В., Паршина Н.А., Янковская А.Е. Автоматная модель контроля знаний в интеллектуальных обучающих системах // В сб.: Математическое моделирование. Кибернетика. Информатика. Томск. Изд-во ТГУ. 1999. – С. 60-66.
- Янковская А.Е., Семенов М.Е. Построение смешанных тестов в системах контроля качества образования/ Информационные технологии будущего и современное электронное обучение. Материалы международной научной конференции (Modern IT &(e-) Learning). – Астрахань: Типография "НОВА". 2009. – С. 125-129.
- Yankovskaya Anna Efimovna, Semenov Michail Evgenyevich Foundation of the Construction of Mixed Diagnostic Tests in Systems for Quality Control of Education // Proceedings of the 13th IASTED International Conference Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2010) August 23-25, 2010 Maui, Hawaii, USA. – 2010. – P. 142-145.
- Астахова И.Ф., Фалалеева Ю.Л., Петров К.В. Модели и методы искусственного интеллекта для принятия решения при тестировании слушателей // Вестник ВГТУ. 2009. № 12. – С. 155-156.
- Янковская А.Е. Смешанные диагностические тесты – новая парадигма создания интеллектуальных обучающих и контролирующих систем // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Новое качество образования в новых условиях". – Томск: ТОИПКРО. 2011. Т.1. С. 195-203.
- Глушань В.М., Малютин В.А., Романов Р.М. Применение графовых моделей для оптимизации тестовых заданий при контроле знаний // Интеллектуальные системы (AIS'07), Интеллектуальные САПР (CAD-2007). Труды Международных научно-технических конференций. Том 1. Москва: Физматлит. 2007. С.321-328.
- Нариньяни А.С. Недоопределенность в системах представления и обработки знаний // Известия АН СССР: Техническая кибернетика. 1986. №5. С. 3-28.
- Федеральный экзамен в сфере высшего профессионального образования [Электр. ресурс]. Режим доступа <http://www.fepo.ru>, свободный. – Заглав. с экрана. Рус. яз. (10.02.2011).
- Информатика: экспресс-подготовка к интернет-тестированию: учебное пособие / В.М.Титов, О.Н. Рубальская, О.В. Маленкова и др.; под ред. О.Н. Рубальской – М.: Финансы и статистика; ИНФРА. 2010. 240с.
- Савельев Б.А., Масленников А.С. Оценка уровня обученности студентов в целях аттестации образовательного учреждения профессионального образования: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: Центр государственной аккредитации. 2004. 84 с.
- Янковская А.Е. Тестовые распознающие медицинские экспертные системы с элементами когнитивной графики // Компьютерная хроника. 1994. № 8/9. С. 61-83.
- Янковская А.Е. Логические тесты и средства когнитивной графики в интеллектуальной системе// Новые информационные технологии в исследовании дискретных структур. Доклады 3-ей Всерос. конф. с международным участием. Томск: Изд-во СО РАН. 2000. С. 163-168.
- Yankovskaya A. 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, Moscow, 1996, EVCA'96. – P. 292-297.

24. Янковская А.Е., Ильинских Н.Н., Черногорюк Г.Э., Кузваткин А.Н. Результаты исследований алгоритма принятия решений непосредственно в процессе построения смешанных диагностических тестов, реализованного в интеллектуальных биомедицинских системах // *Естествознание и гуманизм. Сб. научных трудов. Т. 1. № 3.* Томск: Издательство СибГМУ. 2004. С. 95-99.
25. Поспелов Д.А. Знания и шкалы в модели мира // *Модели мира. М.: РАИИ. 1997. С. 69-84.*
26. Янковская А.Е., Семенов М.Е. Основы построения диагностических тестов с использованием элементов нечеткой логики в интеллектуальной системе для оценки знаний // *Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VI-й Международной научно-технической конференции (Коломна, 16-19 мая 2011г.). В 2-х томах. Т2. М.: Физматлит. 2011. С. 733-743.*
27. Янковская А.Е., Семенов М.Е. Информационно-телекоммуникационная система контроля знаний студентов // *Материалы международной научной конференции «Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2010» (11-14 мая, 2010). Астрахань: Изд-во Астраханского государственного университета. 2010. Т.1. С. 98-101.*
28. Yankovskaya A., Gedike A. Construction of the Mixed Diagnostic Tests on Optimal Subset of the Unconditional Diagnostics Tests in Intelligent Pattern Recognition // *Pattern Recognition and Image Analysis. – 2009. – Vol. 19, №4. – P. 575-582.*
29. Янковская А.Е., Гедике А.И., Аметов Р.В. Конструирование прикладных интеллектуальных систем на базе инструментального средства ИМСЛОГ-2002 // *Вестник ТГУ. 2002. № 1(II). С. 185-190.*
30. Yankovskaya A.E., Gedike A.I., Ametov R.V., Bleikher A.M. IMSLOG-2002 Software Tool for Supporting Information Technologies of Test Pattern Recognition // *Pattern Recognition and Image Analysis. – 2003. – Vol. 13. – No. 4. – pp. 650-657.*
31. Yankovskaya A.E. Logic-Combinational Probabilistic Recognition Algorithms // *Pattern Recognition and Image Analysis. – 2001. – Vol. 11, №1. – P. 123-126.*
32. Черногорюк Г.Э., Янковская А.Е. Концептуальная модель построения интеллектуального пользовательского интерфейса в системе предварительного обследования пациента в условиях поликлиники // *Пользовательский интерфейс в современных компьютерных системах. Сб. материалов международной конференции. Орел. 1999. С. 334-346.*

Янковская Анна Ефимовна. Зав. лабораторией интеллектуальных систем, профессор Томского государственного архитектурно-строительного университета. Окончила радиофизический факультет Томского государственного университета в 1961 году. Доктор технических наук, профессор. Автор свыше 500 публикаций и шести монографий. Область научных интересов: искусственный интеллект, распознавание образов, дискретная математика. E-mail: ayuankov@gmail.com.

Семенов Михаил Евгеньевич. Доцент Томского политехнического университета. Окончил факультет прикладной математики и кибернетики Томского государственного университета в 2000 году. Кандидат физико-математических наук. Автор свыше 20 публикаций. Область научных интересов: искусственный интеллект, распознавание образов, математическое моделирование, информационные технологии. E-mail: sme@tpu.ru.