

Интеллектуальная обучающе-тестирующая система для подготовки студентов по ряду дисциплин в области нанотехнологий и микросистемной техники

Д.Ю. Ляпунов^{а,г}, А.Е. Янковская^{а,б,в,д}, Ю.Н. Дементьев^а, К.Н. Негодин^а

^а Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, пр. Ленина, 30, Томск, Россия

^б Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, пр. Ленина, 36, Томск, Россия

^в Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, пр. Ленина, 40, Томск, Россия

^д Научно-исследовательский институт автоматики и электромеханики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 634034, ул. Беллинского, 53, Томск, Россия

^е Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, пл. Соляная, 2, Томск, Россия

Аннотация

Для подготовки специалистов в области нанотехнологий и микросистемной техники в рамках парадигмы смешанного образования необходимы качественный онлайн-контент; эффективные технологии обучения; обеспечение мотивации студентов; средства для оценки результатов обучения в рамках мультидисциплинарного учебного курса, спроектированные для успешного его освоения. Для эффективного освоения ряда дисциплин в проблемной области предлагается интеллектуальная обучающе-тестирующая система, основанная на смешанных диагностических тестах, позволяющая обеспечивать эффективное освоение цикла дисциплин, формировать приоритетные с точки зрения студентов компетенции, выявляя их индивидуальные профориентационные предпочтения. В процессе обучения студентами, разбитыми на подгруппы, решаются задачи разработки, моделирования, проектирования микросистемных устройств, исследования рынка, возможности замены макроскопических датчиков, приводов на их микросистемные аналоги и др.

Ключевые слова: интеллектуальная обучающе-тестирующая система; нанотехнологии; микросистемная техника; технологии обучения; смешанное образование; смешанные диагностические тесты; компетенции; мультидисциплинарный учебный курс

1. Введение

Актуальность создания интеллектуальных обучающе-тестирующих систем (ИОТС) для подготовки студентов в различных проблемных областях не вызывает сомнений [1]. В настоящее время необходимость создания ИОТС в области нанотехнологий и микросистемной техники связана с тем, что рассматриваемая проблемная область включена в перечень критических технологий РФ [2], и требуются широкопрофильные специалисты в данном направлении.

Подготовку специалистов по специальности 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» осуществляют такие ведущие вузы России как Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), Сибирский федеральный университет (СФУ) и ряд других.

Потребность в специалистах в рассматриваемой области вызвана стремительным развитием нанотехнологий и, в первую очередь, успехами в создании метаматериалов, обладающих уникальными механическими, электрическими, тепловыми и магнитными свойствами, использующих нелинейные физические эффекты.

Успехи в области создания микросистемных устройств, основанных на различных физических эффектах и материалах, достаточно детально представлены в журнале «Нано- и микросистемная техника», в котором опубликованы результаты исследований учёных ведущих российских и зарубежных научных школ, занимающихся разработкой наноматериалов и устройств микросистемной техники [3].

Следует отметить, что ввиду мультидисциплинарности проблемной области «Нанотехнологии и микросистемная техника» обучаемый по окончании курса должен обладать компетенциями в следующих областях: химия, физика, высшая математика, дискретная математика, материаловедение, геометрия, электротехника, электроника, теплотехника, оптика и др., для которой необходимо изучение микро- и наномира с учётом передовых тенденций в науке и технике. Для подготовки специалистов в области нано- и микросистемной техники необходимы следующие составляющие: качественный онлайн-контент; эффективные технологии обучения; обеспечение мотивации студентов; средства когнитивной графики (СКГ) для оценки результатов обучения в рамках мультидисциплинарного учебного курса, используемые для успешного его освоения.

Ниже предлагается создание основанной на смешанных диагностических тестах интеллектуальной обучающе-тестирующей системы, предназначенной для эффективного освоения обучаемыми ряда дисциплин в области нанотехнологий и микросистемной техники. Применяя ИОТС, обучаемый сможет приобрести те знания, умения и навыки, склонности к которым у него наиболее явно выражены.

2. Специфика проблемной области «Нанотехнологии и микросистемная техника»

К особенностям проблемной области относятся:

1. Стремительное развитие нанотехнологий, методов проектирования, моделирования компонентов микросистемной техники.

2. Ориентированность специалистов на научные исследования.

3. Отсутствие стандартов на некоторые группы изделий и материалы, созданные с использованием нанотехнологий.

4. Тенденция миниатюризации компонентов микросистемных устройств.

Для увеличения промышленного выпуска микросистемных устройств необходимы следующие мероприятия:

а) разработка специализированного технологического оборудования для выпуска микросистем;

б) повышение квалификации специалистов в области нано- и микросистемной техники;

в) создание информационной базы по современным материалам и конструкциям для проектирования микросистем;

г) повышение точности технологических установок для изготовления элементов микросистем;

д) разработка устройств тестирования серийно выпускаемых микросистем, оборудования, имитирующего внешние воздействия, например, перепады давления, вибрации, изменения температуры.

Полуэмпирические инженерные методики, заимствованные из соответствующих дисциплин (сопротивление материалов, электротехника, электроника, техническая термодинамика, материаловедение и т. д.) должны быть дополнены современными высокоэффективными методами моделирования и проектирования устройств микросистемной техники [4]. Эффективные и конкурентоспособные устройства разрабатываются и проектируются на основе детального анализа структуры объекта, закономерностей его поведения, прогнозирования его функциональных возможностей и характеристик.

Обучение студентов в области нанотехнологий и микросистемной техники связано, в первую очередь, с их мотивацией к освоению материалов курса. Необходимость мотивации к той или иной деятельности довольно подробно представлены в работах [5,6]

Весьма важным аспектом процесса обучения является постановка целей. Цели обучения, которые декларируются в рабочей программе многих дисциплин, зачастую не соответствуют целям, которые ставят для себя студенты, если таковые и ставятся. Эффективное целеполагание является залогом успешного освоения изучаемой дисциплины [5].

В связи с этим на начальных этапах изучения дисциплины студент должен быть обеспечен качественным лекционным материалом и онлайн контентом для самостоятельного обучения, направленным на повышение интереса к предметной области. Таким образом, цель, поставленная преподавателем при разработке рабочей программы, должна согласовываться с целями и ценностными установками обучаемого. Самостоятельно поставленные цели мотивируют студентов осуществлять планомерные и последовательные шаги по освоению дисциплины.

Разрабатываемая ИОТС предназначена для качественного освоения дисциплины с учётом индивидуальных особенностей, потребностей каждого обучаемого и специфики проблемной области «Нанотехнологии и микросистемная техника».

3. Основные понятия и определения

Введём ряд используемых далее понятий и определений, необходимых для построения ИОТС.

Обучаемый – человек, проходящий обучение, например, студент ВУЗа.

Преподаватель – человек, проводящий или сопровождающий процесс обучения.

Диагностический тест (ДТ) – совокупность признаков, различающих любые пары объектов, принадлежащих разным образам.

Безусловный диагностический тест (БДТ) характеризуется одновременным предъявлением всех входящих в него признаков (вопросов) исследуемого объекта при принятии решений.

Условный диагностический тест (УДТ) – тест, в котором выбор каждого последующего признака (вопроса) зависит от значений признаков (вопросов) на предыдущих стадиях тестирования.

Смешанный диагностический тест (СДТ), представляет оптимальное сочетание безусловных и условных составляющих [7].

4. Основы построения интеллектуальной обучающе-тестирующей системы

Разработка ИОТС проводится нами не с чистого листа [1,7,8]. Определение уровня усвоенных знаний по обучающему курсу, представленному семантической сетью, впервые приведено в публикации [8].

Архитектуру ИОТС, аналогичную созданной ранее и опубликованную в статье [8], приведём на рис. 1.

Представим последовательность обучения (тестирования) в разрабатываемой нами ИОТС 7-ю пунктами:

1. В процессе обучения студент последовательно осваивает модули курса, включающего цикл дисциплин. Содержательно учебный курс по соответствующей дисциплине представлен текстом в сочетании с интерактивным и мультимедийным контентом. Для хранения учебного курса используется семантическая модель представления знаний, описанная в публикации [8]. Этот пункт обеспечивается модулем обучения.

2. На основе прохождения обучаемым БДТ фиксируются результаты (модуль тестирования). Этот и два последующих пункта обеспечиваются модулем тестирования.

3. При успешном прохождении БДТ осуществляется переход к УДТ. При этом после каждого ответа на вопрос, система определяет, какой вопрос задается следующим.

4. Во время прохождения всех составляющих теста в базу данных записываются результаты прохождения обучаемым всех тестов. Такая детализация не является необходимой для вычисления оценки студента, но может быть весьма полезна для исследователя в области анализа данных или для преподавателя, проектирующего курс. На основе

результатов тестирования и решений обучаемого формируется карта действий обучаемого (КДО).

5. После ответа на все вопросы КДО проецируется (преобразуется) в набор оценочных показателей, определяющих насколько хорошо обучаемый справляется с различными заданиями, принимая во внимание следующие компетенции: а) уровень знания теории, б) способности решать задачи, с) навыки выполнения лабораторных работ. В этом пункте формируется дальнейшая траектория обучения, реализуемая модулем распознавания образов.

6. После завершения обучения и тестирования обучаемому предъявляется сеть проверенных знаний, интерпретация КДО и вычисленные оценочные показатели, визуализируемые с применением средством когнитивной графики (СКГ) 2-симплекс призмы, каждая грань которой сопоставлена одному из трех образов. Сопоставление КДО и семантической сети учебного курса позволяет выявлять пробелы в знаниях путём сравнения пройденного материала с усвоенными знаниями. Далее, если у обучаемого есть фрагмент учебного курса, который он не освоил в достаточной мере или не смог успешно пройти тестирование, то он имеет возможность продолжить обучение, вернувшись к пункту 1. При этом сам обучаемый задействован в процесс принятия решения. Он сам анализирует свои результаты посредством СКГ и, видя свои пробелы и перспективы, выбирает дальнейшую траекторию обучения. Этот пункт обеспечивается модулем интерпретации результатов.

7. При успешном завершении процедуры тестирования по всему учебному курсу считается, что учебная дисциплина успешно изучена и обучаемый усвоил весь предлагаемый учебный курс, а также междисциплинарную взаимосвязь между модулями дисциплины. При этом результатом прохождения всего учебного курса будет оценка, отражающая усредненные оценочные показатели за все этапы тестирования, пройденные студентом.

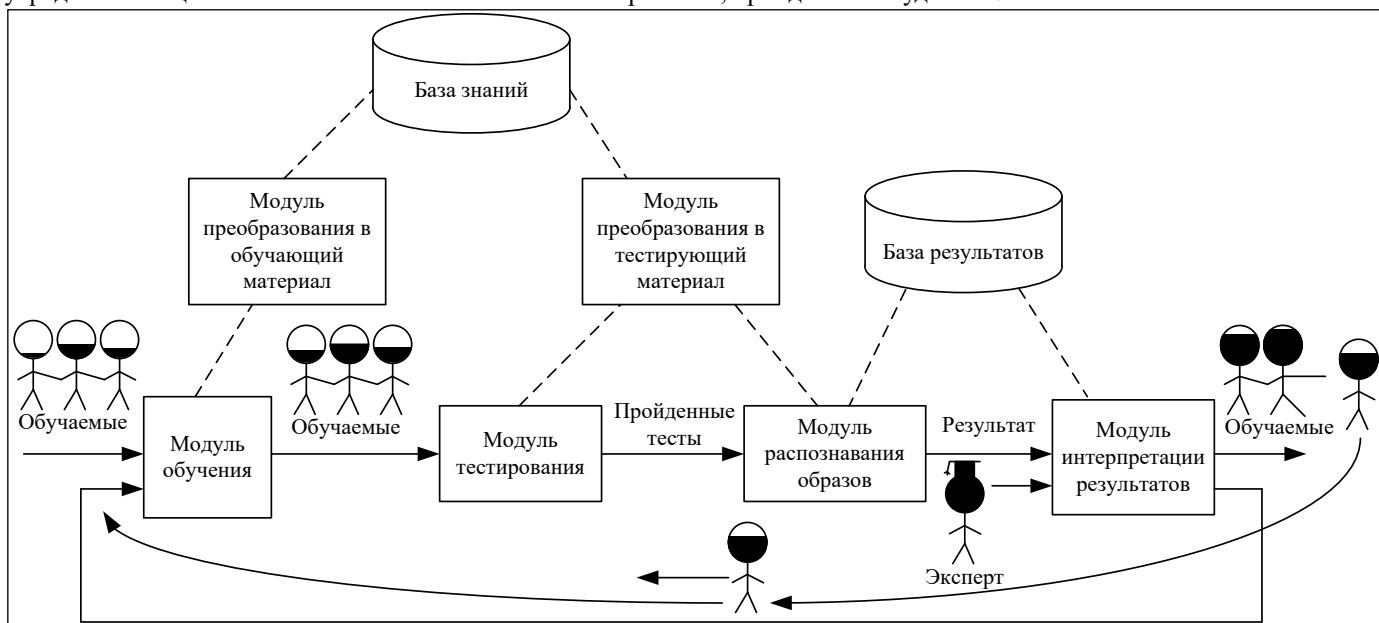


Рис. 1. Архитектура интеллектуальной обучающе-тестирующей системы.

Последовательность представления лекционного материала, онлайн-контента и тестов в каждом модуле дисциплины осуществляется таким образом, что последующий модуль имеет связь с предыдущим. Отметим, что каждый модуль дисциплины организован в соответствии с рефлексивным циклом обучения [9], представленном с использованием СКГ направленной циклической круговой диаграммы на рис. 2, впервые предложенной в публикации [9].

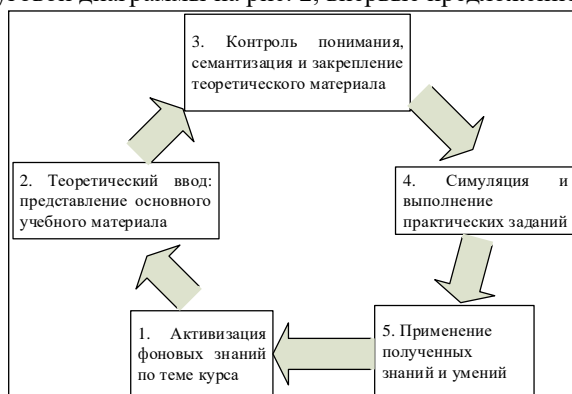


Рис. 2. Рефлексивный цикл обучения.

5. Интерпретация результатов обучения

Далее воспользуемся рядом фрагментов из публикаций [10,11], в которых наиболее полно описано применение СКГ 2-симплекс призмы для интерпретации результатов обучения студентов. В статье [11] описано применение СКГ 2-

симплекс призмы для интерпретации результатов обучения студентов по курсу “Избранные главы электроники”, который включает в себя модули обучения по микросистемным устройствам. Пример построения траектории обучения с применением 2-симплекс призмы на основе результатов прохождения СДТ по указанному курсу приведен на рис. 3.

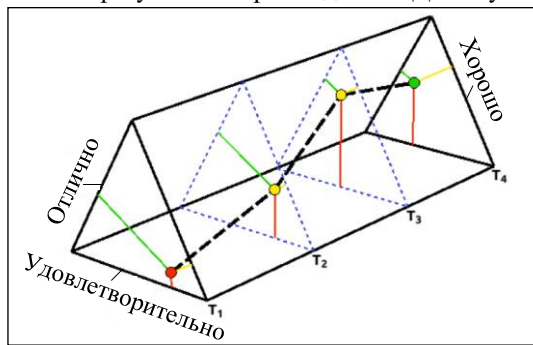


Рис. 3. Интерпретация результатов обучения с применением СКГ 2-симплекс призмы.

Результаты каждого из четырех тестов представляются в виде точек (небольшие круги разного цвета на рис. 3) в 2-симплексах, расположенных в сечениях 2-симплекс призмы. Грани призмы сопоставлены оценочным показателям: 1) отлично; 2) хорошо; 3) удовлетворительно.

Расстояние от основания 2-симплекс призмы до рассматриваемого 2-симплекса сопоставлено интервалу времени, прошедшему от начала обучения до проведения соответствующего тестирования. Пунктирная ломаная линия внутри 2-симплекса призмы отображает изменение знаний обучаемого при проведении тестирований (в моменты времени T_1, T_2, T_3, T_4).

Отметим, что представленные иллюстрации получены с применением библиотеки визуализации, находящейся в активной стадии разработки. Интерактивная демонстрация описанных в публикации средств доступна по адресу [12].

Из рис. 3 наглядно видно, что студент показал удовлетворительные знания на входном тестировании в момент времени T_1 (оценка между удовлетворительно и хорошо). Затем, проанализировав свои результаты тестирования, студент настроился на повышение своих оценочных показателей. По окончании очередного тестирования он показал лучшие результаты (оценка, близкая к хорошо) в момент времени T_2 . Далее в момент времени T_3 результат соответствует промежуточной оценке между хорошо и отлично и, наконец, в момент времени T_4 обучаемый достиг своей цели – получил оценку, близкую к отлично.

Предпочтительная область развития обучаемого выбирается на основе результатов пройденных СДТ, представленных в СКГ 2-симплекс. Образы в виде точек (кругов небольшого радиуса того или иного цвета), соответствующих состояниям компетенций 4-х студентов после завершения курса обучения, представлены на СКГ 2 симплекс (рис. 4).

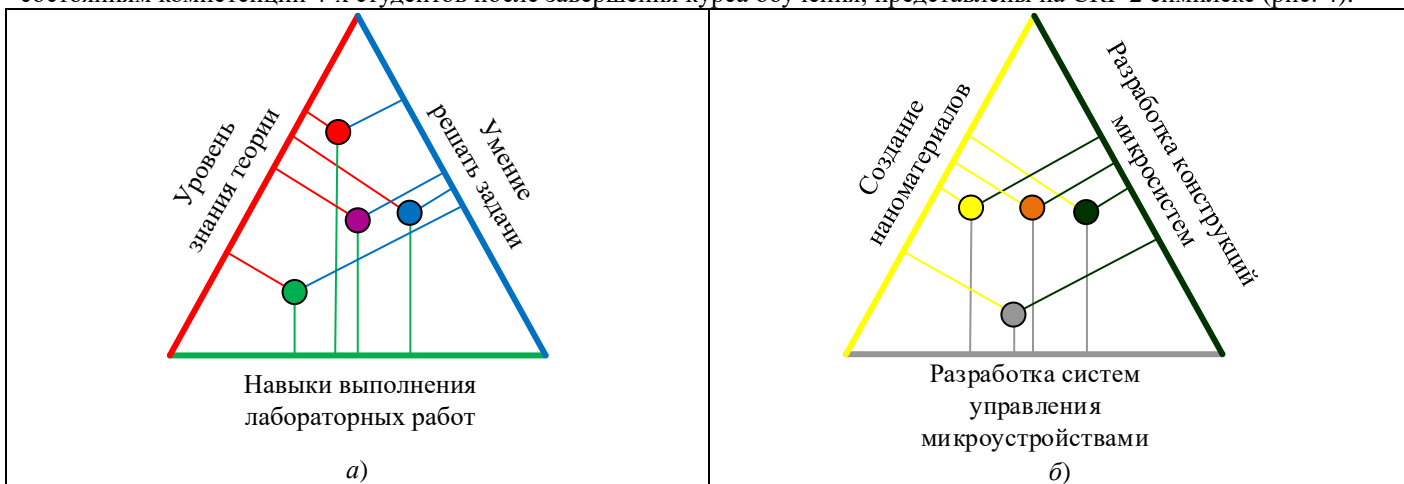


Рис. 4. 2-симплексы, на которых представлены состояния компетенций 4-х студентов после завершения курса обучения: а) по приобретенным знаниям, умениям и навыкам; б) по индивидуальным склонностям к той или иной деятельности.

Каждая точка на рис. 4, а сопоставлена балансу между компетенциями (уровнями приобретённых знаний, умений и навыков) одного обучаемого, а на рис. 4, б – между индивидуальными склонностями к той или иной деятельности. Длина перпендикуляра, опущенного из рассматриваемой точки (например, круга зелёного цвета) на сторону равностороннего треугольника, например, сопоставленную навыкам выполнения лабораторных работ (рис. 4, а), характеризует компетенцию студента именно в этом направлении. Чем меньше длина перпендикуляра, тем в большей степени студент усвоил соответствующую компетенцию, т.е. для рассматриваемого примера – навыки выполнения лабораторных работ.

Рассмотрим зелёную точку на рис. 4, а. Она сопоставлена студенту, освоившему с высокой степенью понимания навыки выполнения лабораторных работ и при этом с достаточно хорошим знанием теории и практически неумением решения задач. Красная точка характеризует студента, лучше всего ориентирующегося в теории и решении задач. Выполнение лабораторных работ не является его областью компетенций. Синяя точка соответствует результатам прохождения СДТ студентом, который с лёгкостью справляется с решением задач, однако остальные составляющие

компетенций требуют улучшения. Фиолетовая точка, расположенная приблизительно в центре тяжести равностороннего треугольника, соответствует результатам обучения студента, добившегося успехов во всех видах деятельности при освоении курса.

Рассматриваемые образы компетенций студентов являются основополагающими для дальнейшего формирования целей обучаемых по развитию ключевых навыков каждого и устранения пробелов в обучении. Отметим, что решение об улучшении оценочных показателей осуществляется студентом самостоятельно.

Далее проиллюстрируем на рис. 4, б результаты, полученные на основе тестирования 4-х студентов. Тестирование было проведено с целью выявления индивидуальных склонностей студента. При этом жёлтая точка сопоставлена склонности к ведению материаловедческих исследований для создания новых наноматериалов, тёмно-зелёная точка – к конструированию микросистем, серая точка – к созданию систем автоматического управления микроустройствами. Оранжевая точка сопоставлена всестороннему развитию в рамках перечисленных склонностей и широкому кругозору обучаемого.

В результате анализа прохождения тестов каждому обучаемому для формирования траектории обучения предлагаются те или иные профориентационные установки для совершенствования компетенций в следующих областях профессиональной деятельности: 1) научные исследования, направленные на создание новых материалов и технологий производства микросистем; 2) практическая деятельность по разработке и проектированию микросистемных устройств; 3) преподавательская деятельность в области нанотехнологий и микросистемной техники.

6. Заключение

Предлагаемая интеллектуальная обучающе-тестирующая система (ИОТС) предназначена для повышения эффективности процесса обучения в таких мультидисциплинарных областях как нанотехнологии и микросистемная техника, научных исследований по анализу данных. Полученные результаты позволят эффективно проектировать курсы на основе смешанных диагностических тестов с учётом индивидуальных особенностей обучаемых, выявлять различного рода закономерности, приводить в соответствие ценностные предпочтения обучаемых и проектировать их индивидуальную траекторию обучения.

ИОТС позволит выявлять ценностные установки студента, способствовать профориентации и повышать личную эффективность обучаемых.

ИОТС обеспечивает в сбалансированной форме предоставление знаний обучаемым на каждом этапе их обучения, позволяя реализовать индивидуальную траекторию обучения для каждого студента. Используемые в ИОТС семантические технологии позволяют сопоставить пройденный материал и приобретённые знания студентов с возможностью корректировки результатов обучения.

Обеспечение соответствия целей, поставленных обучаемыми и результатом их деятельности по достижению поставленных целей, позволит вести подготовку высококвалифицированных специалистов для современных наукоёмких производств, научных организаций и учебных заведений.

Обеспечение обратной связи на каждом этапе освоения отдельного модуля цикла дисциплин в виде семантической сети, позволяет выявлять слабо освоенные разделы дисциплины и проходить их заново до тех пор, пока результаты обучаемого не будут улучшены до желаемого им уровня. Также с использованием ИОТС осуществляется выявление тех разделов, которые студент наиболее успешно освоил. На основании предоставленной ИОТС информации обучаемый сам формирует дальнейшую траекторию обучения, учитывая свои предпочтения.

На сегодняшний день ряд модулей ИОТС, направленных на освоение базовых знаний по нанотехнологиям и микросистемной технике используются в курсе «Избранные главы электроники».

Применение ИОТС для подготовки специалистов по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника» предлагается для следующих дисциплин: «Введение в нанотехнологию», «Технологии изготовления микросистем», «Моделирование микроэлектромеханических систем», «Цифровые системы управления» и ряд других.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 16-07-00859а). Авторы выражают благодарность младшему научному сотруднику, ассистенту Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники Ямшанову А.В. за программную реализацию средств когнитивной графики и их исследование.

Литература

- [1] Янковская, А.Е. Когнитивные средства в обучающе-тестирующих системах, основанных на смешанных диагностических тестах / А.Е. Янковская, М.Е. Семенов, А.В. Ямшанов, Д.Е. Семенов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2015. – Т. 4. – С. 51-61.
- [2] Перечень критических технологий Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/supplement/988> (01.02.2017).
- [3] Междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.microsystems.ru/> (02.02.2017).
- [4] Ляпунов, Д.Ю. Исследование микроэлектромеханических емкостных преобразователей с пленочными элементами : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.09.01 / Д.Ю. Ляпунов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Кафедра электропривода и электрооборудования; науч. рук. Р.Ф. Бекишев; науч. конс. В.Г. Букреев. – Томск. – 2010. – 21 с.
- [5] Дирксен, Дж. Искусство обучать / Дж. Дирксен; пер. с англ. О.Долговой. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 276 с.

- [6] LeFever, L. The Art of Explanation / L. LeFever – New Jersey: Wiley and Sons, 2012. – 378 p.
- [7] Yankovskaya, A.E. Design of Optimal Mixed Diagnostic Test With Reference to the Problems of Evolutionary Computation / A.E. Yankovskaya // Proceedings of the 1st International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications, Moscow. – 1996. – P. 292-297.
- [8] Янковская, А.Е. Определение уровня усвоенных знаний по обучающему курсу, представленному семантической сетью / А.Е. Янковская, Ю.А. Шурыгин, А.В. Ямшанов, Н.М. Кривдюк // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем, Open semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2015) : материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19-21 февраля 2015 года / редкол. : В.В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР. – 2015. – С. 331-338.
- [9] Плеханова, М.В. Циклическое моделирование электронных образовательных ресурсов / М.В. Плеханова, Е.К. Прохорец // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №5. – С. 600–604.
- [10] Янковская, А.Е. 2-симплекс призма — когнитивное средство принятия и обоснования решений в интеллектуальных динамических системах / А.Е. Янковская, А.В. Ямшанов, Н.М. Кривдюк // Машинное обучение и анализ данных. – 2015. – Т. 1, № 14. – С. 1930-1938.
- [11] Yankovskaya, A.E. Intelligent Information Technology in Education / A.E. Yankovskaya, Yu.N. Demytyev, D.Y. Lyapunov, A.V. Yamshanov // Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM-2016) – Atlantis Press Publishing, 2016. – P. 17-21.
- [12] Средство когнитивной графики 2-симплекс призма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cogntool.tsuab.ru/250demos/2-simplex-prediction/> (02.02.2017).