ISSN 2079-3316 **ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ** **т. 9**, №4(39), с. 159–177

ББК 30.2+74.48
УДК 004.9:378.147

В. А. Шершнева, Ю. В. Вайнштейн, Т. О. Кочеткова

Адаптивная система обучения в электронной среде

Аннотация. Работа посвящена построению адаптивной системы обучения в электронной среде. Сформулированы принципы, заложенные в концепцию проектирования такой системы. Представлена структура системы, включающая модель предметной области (образовательного контента), модель пользователя, модель адаптации и модель оценки результатов обучения. В рамках предложенной системы разработан и внедрен в учебный процесс адаптивный электронный обучающий курс математической дисциплины. Обосновано, что успешное освоение такого курса обучающимися способствует формированию у них математической компетентности.

Ключевые слова и фразы: обучение в электронной среде, адаптивный электронный обучающий курс, персонализация, компетентностный подход, обучение математике.

Введение

Активное развитие информационно-коммуникационных технологий оказывает большое влияние на мировую систему образования. На смену традиционным образовательным технологиям приходит, активно развиваясь, электронное обучение. Так, государственной программой Российской Федерации «Развитие образования» предусмотрена реализация приоритетного проекта по созданию в нашей стране современной цифровой образовательной среды, в том числе на уровне высшего образования [1]. Активное применение электронных образовательных курсов при обучении современного «цифрового поколения», живущего в мире электронной культуры, касается всех дисциплин в вузе, в том числе математических [2].

Отметим, однако, что организация обучения в электронной среде представляет собой непростую педагогическую и инструментально-техническую задачу. Это обусловлено, в частности, тем фактом, что методика электронного обучения еще недостаточно разработана. Кроме того, при реализации электронного обучения, в отличие от традиционного, не предусматривается прямое участие в образовательном процессе

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-013-00654.

© В. А. Шершнева, Ю. В. Вайнштейн, Т. О. Кочеткова, 2018
© Сибирский федеральный университет, 2018
© Программные системы: теория и приложения (дизайн), 2018

10.25209/2079-3316-2018-9-4-159-177

преподавателя, учитывающего индивидуальные особенности студентов. Мы полагаем, что эту функцию преподавателя в значительной мере может выполнить адаптивный электронный обучающий курс.

Принимая за основу определение электронного образовательного ресурса (ЭОР), приведенное в национальном стандарте РФ [3], под *адаптивным электронным обучающим курсом (АЭОК)* дисциплины мы понимаем образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру и предметное содержание, которое допускает возможность адаптации для обучающихся в зависимости от их индивидуальных характеристик. Использование в учебном процессе адаптивных электронных обучающих курсов позволяет персонализировать обучение и повысить его результативность. Отметим, что обеспечение персонализации обучения является мировым трендом в современном образовании.

Целью статьи является построение адаптивной системы обучения в электронной среде, описание структуры и компонентов этой системы, а также принципов ее проектирования.

В рамках предлагаемой системы разрабатывается АЭОК математической дисциплины, функционирующий на базе системы управления обучением (Learning Management System, LMS) Moodle. Исследуется вопрос формирования математической компетентности при освоении такого курса обучающимися.

1. Обзор литературы

Развитие информационных технологий и активное использование Интернета способствовали появлению в середине 1990-х годов веб-ориентированных образовательных систем [4–6]. Одним из немногочисленных примеров интеллектуальной веб-ориентированной системы, используемой для обучения математике, является ActiveMath [7]. Отметим, однако, что существующие образовательные системы, как правило, представляют собой коммерческие продукты и не применяются при обучении конкретным дисциплинам в школе или университете.

Развитие электронного обучения в академической среде идет по пути создания электронных обучающих курсов на основе систем управления обучением, которые предоставляют широкие возможности, как преподавателям, так и обучающимся [5]. А именно, преподаватели используют LMS для разработки образовательного контента и контрольно-измерительных материалов, общения со студентами, а также организации учебного процесса, в том числе с применением активных методов обучения. Студентам LMS позволяет взаимодействовать между собой и с преподавателем, участвовать в совместной

работе и осуществлять мониторинг своего прогресса при изучении дисциплины.

Практически сразу после появления первых веб-ориентированных обучающих систем пришло понимание того, что такие системы должны обладать свойством адаптивности. В обзоре [4] выделены пять основных технологий, используемых в адаптивных образовательных системах: адаптивное представление содержания, адаптивная навигация, индивидуализации образовательной траектории, интерактивная поддержка решения задач, а также интеллектуальный анализ решений, представленных обучающимися.

В 2000-е годы, благодаря технологии Semantic Web, появилась возможность эффективного взаимодействия веб-ориентированных обучающих систем между собой. Указанная технология используется, в частности, при разработке образовательного контента и позволяет достичь адаптивности и гибкости обучения [8–10].

Адаптивные образовательные ресурсы, в свою очередь, способствуют персонализации обучения, которая делает его более эффективным [11, 12].

Важное направление развития электронного обучения представляет разработка адаптивных образовательных систем, учитывающих стили обучения студентов [13–15].

В настоящее время все большее распространение получают так называемые массовые открытые онлайн курсы (MOOK), однако реализация в них адаптивного подхода к обучению находится пока на стадии обсуждения [16–18].

Ведущие российские вузы на протяжении нескольких последних лет работают над реализацией проектов по созданию и внедрению в учебный процесс электронных образовательных ресурсов, в том числе адаптивных [19–22]. Вместе с тем, в настоящее время не существует целостной концепции адаптивного обучения в электронной среде, поэтому выработка принципов и построение адаптивной системы обучения является актуальной задачей.

2. Материалы и методы

В качестве педагогической основы при построении адаптивной системы обучения в электронной среде мы используем полипарадигмальный подход, представляющий собой открытый непротиворечивый кластер подходов к обучению, комплексное использование которых обладает синергетическим эффектом [23, 24]. Ведущая роль в этом кластере отводится компетентностному подходу, далее по дидактическому потенциалу следуют контекстный, междисциплинарный, предметно-информационный подходы, а также фундаментализация.

Мы также следуем принципам современной дидактики высшего образования. В частности, система электронного обучения включает в себя комплекс организационно-педагогических условий, способствующих приобретению обучающимся знаний и опыта, выработке умений, приводящих в результате к формированию компетентности, необходимой для его успешной профессиональной деятельности [**2**, **25**].

При проектировании содержания обучения применяется стратегия микрообучения, которая состоит в том, что весь учебный материал структурируется небольшими порциями [**26**–**28**].

При разработке АЭОК математической дисциплины в рамках предлагаемой адаптивной системы мы используем современные подходы и методы обучения математике [**29**–**31**].

Структурирование образовательного контента АЭОК осуществлятся на основе иерархической семантической модели предметной области, реализуемой в виде дерева понятий. Использование иерархии понятий позволяет наглядно представить логическую структуру рассматриваемой предметной области, определить последовательность изучения материала и осуществлять контроль результатов освоения курса.

В качестве программной среды реализации АЭОК выбрана открытая система управления обучением Moodle, получившая сегодня широкое распространение и имеющая богатый функционал, который позволяет разрабатывать электронные обучающие курсы и ресурсы, реализовывать адаптивное обучение, механизмы и приемы адаптивного тестирования, а также формирование индивидуальных образовательных траекторий. К достоинствам LMS Moodle можно отнести возможность расширения системы дополнительными модулями, а также переносимость компонентов электронных ресурсов, разработанных в Moodle, на другие платформы, что, в свою очередь, обеспечивает ее интероперабельность.

Эмпирической базой исследования послужили образовательные результаты и результаты группового анкетирования студентов первого курса инженерных направлений подготовки в области информационных технологий Сибирского федерального университета, изучавших дисциплину «Дискретная математика» с применением адаптивного электронного обучающего курса и без него.

3. Результаты исследования

Мы предлагаем концепцию адаптивного обучения в электронной среде, основанную на следующих принципах:

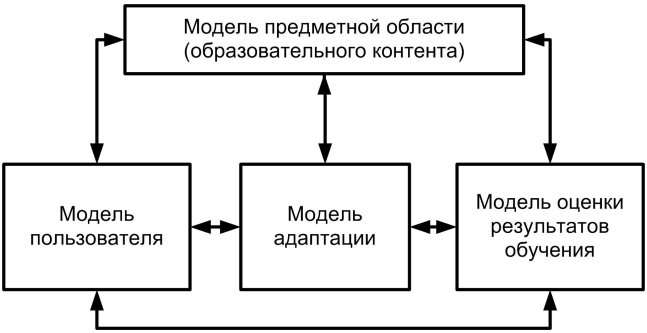

Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы обучения в электронной среде

- персонализация — обеспечение персонализации учебного процесса в электронной среде, позволяющей студенту построить индивидуальную образовательную траекторию и сформировать индивидуальное пространство учебных материалов;
- вариативность содержания — учебный контент имеет различные формы представления;
- цикличность обучения — автоматический возврат к материалу изученной темы, представленному в другом виде;
- восполнение пробелов в знаниях и умениях, полученных ранее;
- мотивационно-интеллектуальное вовлечение студентов в процесс обучения;
- направленность на достижение результатов обучения;
- целостность — формирование целостного восприятия дисциплины обучающимися;
- релевантность — содержание обучения является актуальным для обучающихся и находится в контексте их будущей профессиональной деятельности;
- преподаватель выступает не транслятором знаний, а организует процесс обучения, управляет им и осуществляет консультирование студентов.

Перечисленные принципы реализуются при построении адаптивной системы обучения в электронной среде, которая состоит из модели предметной области, модели пользователя, модели адаптации и модели оценки результатов обучения (рис. 1).

При построении *модели предметной области* мы используем подход, основанный на интеграции теории логико-гносеологического

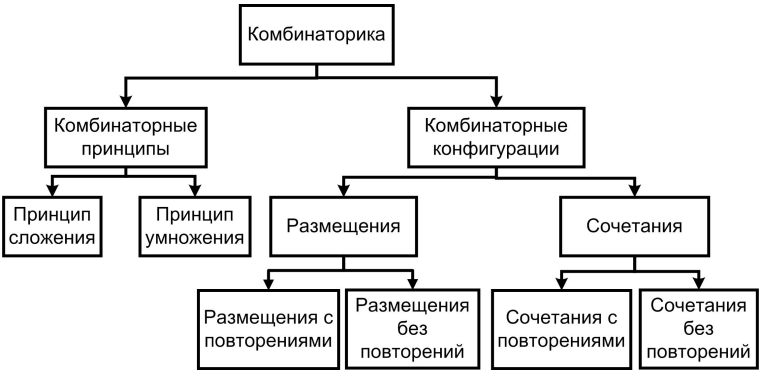

Рис. 2. Фрагмент дерева понятий дисциплины «Дискретная математика»

анализа понятий Е. К. Войшвилло [**32**] с методами теории графов. На первом этапе мы выделяем все понятия предметной области.

Например, при изучении дисциплины «Дискретная математика» процесс структурирования учебного материала в разделе «Комбинаторика» осуществляется следующим образом: сначала вводится общее *фундаментальное понятие* курса — «комбинаторика». Затем оно конкретизируется посредством его элементов: комбинаторных принципов и комбинаторных конфигураций, которые выступают *базовыми понятиями*. Каждому из них соответствует фрагмент учебного материала, раскрывающий данное понятие. Следуя *принципу вложения мелких структурных единиц в крупные*, конкретизация базовых понятий происходит через установление их взаимосвязей с более мелкими — *ключевыми понятиями*. Так, базовое понятие «комбинаторная конфигурация» включает в себя ключевые понятия «размещение» и «сочетание». Наконец, раскрытие сути ключевых понятий осуществляется с помощью *частных понятий*: «размещение без повторений», «размещение с повторениями», «сочетание без повторений», «сочетание с повторениями». Каждое понятие характеризуется своим содержанием и объемом.

Таким образом, предметная область формализуется в виде сложной системы фундаментальных, базовых, ключевых и частных понятий.

На следующем этапе все понятия выстраиваются в виде иерархической структуры — *дерева понятий* или совокупности деревьев понятий (рис. 2). Объем дерева понятий определяется, исходя из условий необходимости и достаточности для достижения результатов обучения и формирования компетенций, обозначенных в международных, профессиональных и государственных образовательных стандартах

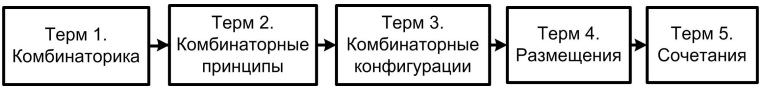

Рис. 3. Фрагмент последовательности термов дисциплины «Дискретная математика»

соответствующего уровня образования [**33**].

Далее, дерево понятий используется в качестве основы для выделения минимальных порций теоретического материала — термов. Под *термом* мы понимаем последовательность семантических фактов и процедурных правил, имеющую смысловую законченность [**20**, **34**]. Каждый терм представляет собой некоторый фрагмент дерева понятий дисциплины.

При включении понятий в терм мы, применяя стратегию микрообучения, руководствуемся следующими критериями:

- ограничение по объему — каждый терм содержит не более пяти понятий; в случае, когда понятие является информационно насыщенным, оно может выделяться в отдельный терм;
- полнота — при формировании терма реализуется принцип вложения мелких структурных единиц в крупные, то есть вместе с понятием небольшого объема включаются связанные с ним более мелкие понятия;
- проверяемость — все понятия терма допускают возможность проверки их усвоения.

Количество термов зависит от объема дисциплины. Например, при структурировании предметной области дисциплины «Математическая логика и теория алгоритмов» объемом в 108 академических часов количество термов составило 21, а для дисциплины «Дискретная математика», имеющей трудоемкость 180 часов, мы сформировали 32 терма.

Изучение термов осуществляется последовательно: от фундаментальных понятий к базовым, далее — ключевым и частным, что позволяет соотнести понятия, составляющие терм, с их местом в общей структуре предметной области и способствует формированию целостного ее восприятия. Таким образом, изучение материала реализуется методом обхода дерева понятий поиском в глубину. Фрагмент последовательности изучения термов дисциплины «Дискретная математика» представлен на рис. 3.

На заключительном этапе производится распределение термов по учебным неделям, что определяет нормативный темп обучения.

Таким образом, предметная область структурируется в виде последовательности термов, охватывающих весь учебный материал и изучаемых в определенном порядке.

Модель пользователя адаптивной системы обучения содержит информацию о студенте, необходимую для адаптации образовательного контента к его индивидуальным характеристикам и управления процессом обучения в электронной среде.

Индивидуальные характеристики обучающихся описываются с помощью двух групп параметров. В первую группу входят стиль обучения студента и его результаты освоения каждого терма. Вторая группа параметров включает в себя результаты наблюдения за процессом обучения студента в электронной среде: его текущее положение; время, затраченное на изучение термов и выполнение заданий; количество эффективных входов в систему, что позволяет преподавателю управлять активностью обучающегося.

Таким образом, модель пользователя позволяет учитывать индивидуальные параметры студента, а также потребность в персональной поддержке для него со стороны преподавателя.

Модель адаптации системы обучения в электронной среде включает автоматизированную систему навигации и адаптацию учебного контента с учетом индивидуальных характеристик обучающегося. Каждый элемент учебного контента (материал терма, тест или задание) обладает определенными настройками, обусловленными возможностями системы управления обучением.

Для адаптации учебного контента предусмотрено три редакции изложения материала каждого терма, которые отличаются степенью детализации и формой представления: текст, графика, таблицы, аудио- и видеоматериалы, интерактивные ресурсы. На основе экспериментальных данных установлено, что трех редакций изложения термов достаточно для освоения материала дисциплины и достижения требуемых результатов обучения.

Например, редакции термов математической дисциплины связаны с уровнем сформированности математической компетентности у обучающихся и отражают специфику ее формирования. Так, изложение терма в *редакции первого уровня* направлено на развитие навыков самостоятельности и инициативности, использует проблемный подход к обучению, побуждает студентов к составлению алгоритмов решения задач, интегрированию знаний и обоснованию корректности полученных результатов. Содержание терма в *редакции второго уровня* (базовый уровень) наряду с теоретическим материалом включает примеры решения типовых математических задач, а также задач, в некоторой степени, выходящих за рамки типовых, которые требуют интеграции

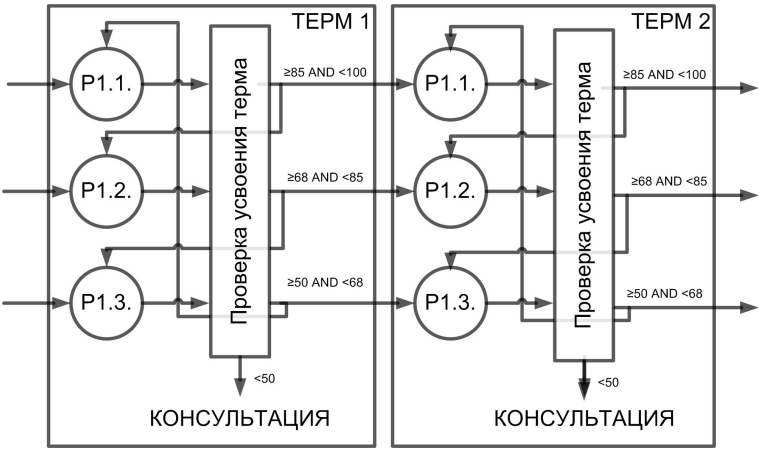

Рис. 4. Навигация по термам

различных математических методов и знаний. Изложение терма в *редакции третьего уровня* строится за счет расширения материалов базового уровня подробным представлением математических объектов и их свойств, детальным описанием решения задач с применением стандартных выражений и формул, типовых процедур и известных алгоритмов.

При изучении текущего терма студент имеет доступ к учебному материалу в редакции, соответствующей его текущим параметрам в модели пользователя. Выбор редакции учебного материала первого терма осуществляется на основе результатов входного тестирования. А именно, студенты, набравшие низкие баллы, получают доступ к редакции третьего уровня, студенты со средними баллами — редакции второго уровня, а студенты с высокими баллами — редакции первого уровня.

После изучения материала терма в автоматическом режиме осуществляется переход к проверке его усвоения, реализуемой в форме тестирования. Если в первой попытке результат достигает порогового значения, то это позволяет обучающемуся перейти к изучению следующего терма. Вместе с тем, студент может принять решение улучшить свой результат. Ему становится доступен материал терма в другой редакции изложения, изучив который, он проходит тестирование еще раз. Если обе попытки окажутся неудачными, то обучающийся обращается за консультацией к преподавателю.

Укрупненный алгоритм перехода от одного терма к другому представлен на рис. 4.

Рис. 5. Структура предметной компетентности

Организованный таким образом процесс обучения приводит к формированию индивидуальной образовательной траектории студента и его индивидуального пространства учебных материалов.

Модель оценки результатов обучения в адаптивной системе предназначена для определения уровня сформированности предметной компетентности студента через оценивание всех ее компонент, которые представлены на рис. 5.

Для оценивания результатов обучения разработаны следующие контрольно-измерительные материалы:

- входной тест, предназначенный для определения индивидуальных характеристик студента и уровня его подготовленности к освоению дисциплины;
- тесты к термам для проверки знания и понимания текущего материала;
- задачи для самостоятельного решения с ответами для формирования умений;
- тесты-тренажеры для выработки навыков, то есть выполнения заданий в течение ограниченного времени;
- прикладные и профессионально направленные задачи, предназначенные для выявления готовности применять полученные знания в будущей профессии;
- тесты для промежуточной аттестации по каждому модулю дисциплины;
- итоговый тест.

Процесс оценивания результатов обучения автоматизирован и начинается с контроля усвоения содержания термов (когнитивный компонент компетентности), который реализуется через выполнение

тестов к термам. Умение оперировать понятиями (деятельностный компонент) проверяется при помощи итоговых тестов по модулям дисциплины. Сформированность навыков подтверждается выполнением обучающимся тестов-тренажеров в течение ограниченного времени.

Для оценивания мотивационного компонента компетентности предназначены прикладные и профессионально направленные задачи, решение которых свидетельствует о готовности обучающегося применять полученные знания в будущей профессии.

Чтобы оценить рефлексивный компонент, во всех тестах к термам предусмотрены две попытки. Студент после первой попытки получает немедленный отзыв на свое решение. При наличии ошибок он осмысливает их и имеет возможность, изучив материал в другой редакции изложения, пройти повторное тестирование.

В результате оценивания всех компонент можно сделать вывод об уровне сформированности предметной компетентности у студента при обучении в электронной среде.

Таким образом, разработанная система, состоящая из связанных между собой моделей предметной области, пользователя, адаптации и оценки результатов обучения, позволяет реализовать адаптивное обучение в электронной среде, а также оценить уровень сформированности предметной компетентности у обучающихся.

В ходе реализации адаптивного обучения преподаватель (или группа преподавателей) разрабатывает образовательный контент, а также выполняет функции организатора и координатора процесса обучения, осуществляет мониторинг его результатов, управляющие воздействия и консультирование студентов. К управляющим воздействиям мы относим сообщения, в том числе задающие нормативный темп обучения; элементы геймификации, индикатор выполнения заданий и рейтинг достижений, способствующие повышению мотивации к обучению.

Одним из важных аспектов организации обучения в электронной среде является коммуникация обучающихся друг с другом и с преподавателем, которая реализуется средствами онлайн и оффлайн общения: форумы, чаты, механизмы обратной связи в элементах электронного курса.

На основе предложенной адаптивной системы обучения разработан АЭОК дисциплины «Дискретная математика», функционирующий на базе LMS Moodle, который прошел успешную апробацию в учебном процессе студентов первого курса инженерных направлений подготовки в области информационных технологий в Сибирском федеральном университете.

Техническая реализация механизмов адаптации учебного контента осуществлена при помощи настроек доступа к компонентам АЭОК,

задаваемых на основе отслеживания выполнения элементов курса, а также текущих результатов тестирования. Внешний вид фрагмента адаптивного электронного обучающего курса для преподавателя-разработчика, представлен на рис. 6.

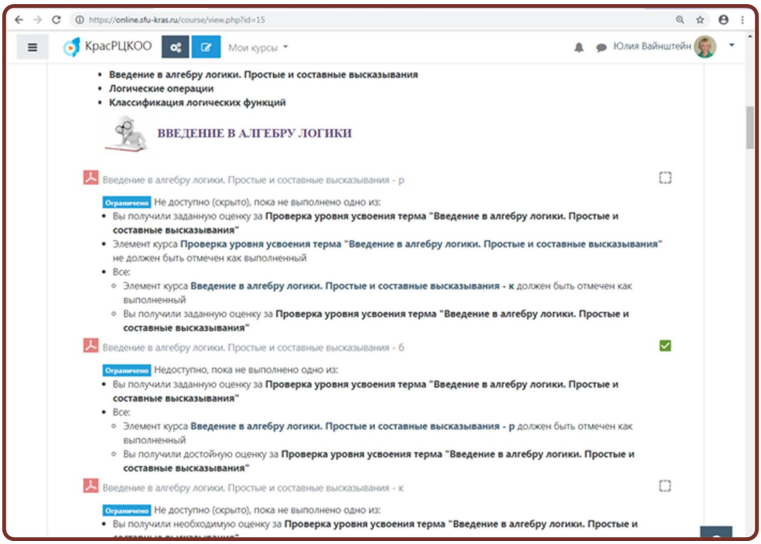

Рис. 6. Интерфейс АЭОК для преподавателя-разработчика

Для студента в начале обучения все материалы АЭОК скрыты и становятся доступными лишь в процессе обучения. Например, по результатам входного тестирования студенту доступна одна из редакций материала первого терма, после изучения которого появляется возможность проверки его усвоения. Далее, исходя из результатов выполнения теста к терму, открывается доступ к материалам следующего терма или становятся доступными материалы текущего терма в другой редакции изложения (рис. 7).

Для оценки эффективности использования АЭОК при освоении дисциплины было проведено сравнение уровня математической подготовленности студентов в контрольной (116 человек) и экспериментальной (118 человек) группах с помощью критерия Манна–Уитни до начала изучения дисциплины и по окончании ее изучения. А именно, мы сравнили результаты, показанные студентами обеих групп при входном тестирования, а также при выполнении итогового теста по дисциплине. В качестве основной выступала гипотеза

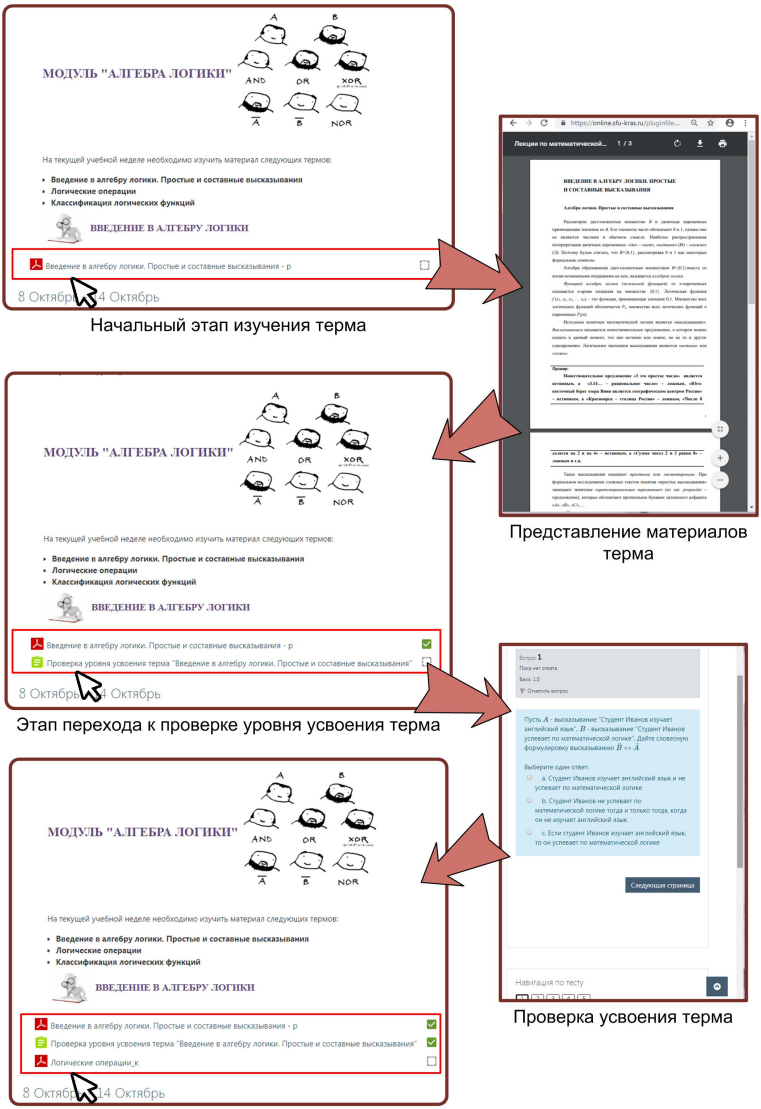

Рис. 7. Интерфейс АЭОК для обучающегося

$H_0 = \{$распределение баллов в обеих группах одинаково$\}$ при альтернативной гипотезе $H_1 = \{$баллы в экспериментальной группе выше$\}$.

По результатам входного тестирования мы получили, что $U_{\text{эмп}} = 139$, а $U_{\text{кр}} = 81$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Так как $U_{\text{кр}} < U_{\text{эмп}}$, то гипотеза H_0 принимается с вероятностью 0.95, то есть по уровню математической подготовленности в начале изучения дисциплины студенты в контрольной и экспериментальной группах не отличаются значимо.

При обработке данных итогового тестирования мы получили $U_{\text{эмп}} = 67,5$. Поскольку $U_{\text{кр}} > U_{\text{эмп}}$, то с вероятностью 0.95 можно утверждать, что результаты обучения студентов в экспериментальной группе выше.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение АЭОК в учебный процесс способствовало повышению уровня сформированности математической компетентности у обучающихся.

4. Обсуждение и заключение

Авторами предложена оригинальная система обучения в электронной среде. Научной новизной обладают методы и алгоритмы адаптации учебных материалов, структурирование предметной области в виде иерархии термов, а также модель оценки результатов обучения, обеспечивающая оценку уровня сформированности предметной компетентности у обучающихся. Предлагаемый подход к построению модели предметной области основан на интеграции и развитии методов логико-гносеологического анализа понятий с методами теории графов.

В процессе апробации АЭОК выявлен ряд преимуществ как для обучающегося, так и для преподавателя. А именно, применение АЭОК при изучении дисциплины позволило каждому студенту построить индивидуальную образовательную траекторию и сформировать персональное пространство учебных материалов, соответствующих его индивидуальным характеристикам. Использование АЭОК в учебном процессе дало возможность обучающимся организовать гибкий учебный график с постоянным самоконтролем результатов обучения, повысить качество усвоения материала дисциплины. Проведенный опрос среди студентов показал, что обучение с применением АЭОК способствовало формированию у них целостного восприятия дисциплины, повышению мотивации к ее изучению и минимизации психоэмоционального напряжения.

Также по результатам работы в АЭОК студенты отметили следующие положительные факторы: возможность изучения материала,

изложенного в форме, удобной для восприятия; повышение эффективности аудиторной работы, поскольку студент приходит на практические занятия, зная теоретический материал; возможность заниматься в удобное время и в своем, индивидуальном темпе. Вместе с тем, некоторые студенты признались, что они испытывали трудности с самоорганизацией.

Для преподавателя внедрение АЭОК в учебный процесс позволило сократить объем транслируемого учебного материала и рутинной обработки результатов обучения. Хотя создание АЭОК достаточно трудоемко и потребовало существенных временных затрат, его использование в учебном процессе привело к сокращению аудиторной нагрузки преподавателя и высвобождению часов, которые он может использовать для своего профессионального роста.

В настоящее время в Сибирском федеральном университете в рамках предложенной адаптивной системы обучения разработаны адаптивные электронные обучающие курсы по различным дисциплинам. Это позволяет сделать вывод о том, что указанная система является универсальной и может служить основой для организации адаптивного обучения в электронной среде не только по математическим, но и другим дисциплинам образовательных программ различных направлений подготовки в организациях среднего, высшего и дополнительного образования.

Мы полагаем, что внедрение адаптивных электронных обучающих курсов в учебный процесс обладает хорошим потенциалом для реализации модели смешанного обучения, поскольку АЭОК позволяет организовать самостоятельную работу студентов, изучение теоретического материала, а также приобретение некоторых процедурных умений и навыков, что дает возможность значительно сократить количество часов аудиторных занятий.

Материалы исследования представляют интерес как для преподавателей, разрабатывающих электронные образовательные ресурсы, так и для администрации образовательных учреждений, заинтересованных во внедрении таких ресурсов в учебный процесс. Дальнейшее развитие адаптивного обучения в электронной среде мы видим в проектировании и использовании адаптивных массовых открытых онлайн курсов (МООК).

Список литературы

[1] *Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования»*, Утверждена постановлением Правительства РФ от 26.10.2017

№1642. URL ↑159

[2] V. A. Shershneva, L. V. Shkerina, V. N. Sidorov, T. V. Sidorova, K. V. Safonov. “Contemporary didactics in higher education in Russia”, *European Journal of Contemporary Education*, **17**:3 (2016), pp. 357–367. doi ↑159,162

[3] *ГОСТ Р 53620–2009 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные образовательные ресурсы. Общие положения»*, Стандартинформ, М., 2011. URL ↑160

[4] P. Brusilovsky. “Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education”, *Künstliche Intelligenz*, **13**:4 (1999), pp. 19–25. URL ↑160,161

[5] P. Brusilovsky. “Adaptive educational hypermedia: from generation to generation”, *Proceedings of the 4th Hellenic Conference on Information and Communication Technologies in Education* (Athens, Greece, 2004), pp. 19–33. URL ↑160

[6] C. Mulwa, S. Lawless, M. Sharp, I. Arnedillo-Sanchez, V. Wade. “Adaptive educational hypermedia systems in technology enhanced learning: a literature review”, *Proceedings of the 2010 ACM Conference on Information Technology Education* (Midland, Michigan, USA, October 7–9, 2010), pp. 73–84. URL ↑160

[7] E. Melis, E. Andrès, J. Büdenbender, A. Frishauf, G. Goguadse, P. Libbrecht, M. Pollet, C. Ullrich. “ActiveMath: A generic and adaptive web-based learning environment”, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, **12**:4 (2001), pp. 385–407. URL ↑160

[8] R. Mizoguchi, J. Bourdeau. “Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems”, *International Journal of Artificial Intelligence and Education*, **11** (2000), pp. 107–121. URL ↑161

[9] L. Aroyo, D. Dicheva. “The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web”, *Educational Technology and Society*, **7**:4 (2004), pp. 59–69. URL ↑161

[10] C. Pahl, E. Holohan. “Applications of Semantic Web Technology to Support Learning Content Development”, *Interdisciplinary Journal of E-learning and Learning Objects*, **5**:1 (2009), pp. 1–25. URL ↑161

[11] L. Aroyo, P. Dolog, G-J. Houben, M. Kravcik, A. Naeve, M. Nilsson, F. Wild. “Interoperability in personalized adaptive learning”, *Educational Technology & Society*, **9**:2 (2006), pp. 4–18. URL ↑161

[12] E. O’Donnell, S. Lawless, M. Sharp, V. Wade. “A Review of Personalised E-Learning: Towards Supporting Learner Diversity”, *International Journal of Distance Education Technologies*, **13**:1 (2015), pp. 22–47. doi URL ↑161

[13] C. A. Carver, R. A. Howard, W. D. Lane. “Addressing different learning styles through course hypermedia”, *IEEE Transactions on Education*, **42**:1 (1999), pp. 33–38. URL ↑161

[14] J. Kuljis, F. Liu. “A comparison of learning style theories on the suitability for e-learning”, *Proceedings of the IASTED Conference on Web-Technologies, Applications and Services* (Calgary, Alberta, Canada, July 4–6, 2005), pp. 191–197. URL ↑161

[15] T.-C. Yang, G.-J. Hwang, S. J.-H. Yang. “Development of an adaptive learning system with multiple perspectives based on students’ learning styles and cognitive styles”, *Educational Technology & Society*, **16**:4 (2013), pp. 185–200. URL ↑161

[16] В. А. Стародубцев. «Персонализированные МООК в смешанном обучении», *Высшее образование в России*, **10** (2015), с. 133–144. URL ↑161

[17] K. Gynther. “Design Framework for an Adaptive MOOC Enhanced by Blended Learning: Supplementary Training and Personalized Learning for Teacher Professional Development”, *The Electronic Journal of e-Learning*, **14**:1 (2016), pp. 15–30. URL ↑161

[18] A. S. Sunar, N. A. Abdullah, S. White, H. Davis. “Personalisation in MOOCs: A Critical Literature Review”, *Computer Supported Education*, CSEDU 2015, Communications in Computer and Information Science, vol. **583**, eds. S. Zvacek, M. Restivo, J. Uhomoibhi, M. Helfert, Springer, Cham, 2016, pp. 152–168. URL ↑161

[19] Ю. В. Вайнштейн, Р. В. Есин, Г. М. Цибульский. «Адаптивная модель построения индивидуальных образовательных траекторий при реализации смешанного обучения», *Информатика и образование*, **2** (2017), с. 83–86. URL ↑161

[20] Ю. В. Вайнштейн, В. А. Шершнева, Р. В. Есин, Т. В. Зыкова. «Адаптация математического образовательного контента в электронных обучающих ресурсах», *Открытое образование*, **21**:4 (2017), с. 4–12. doi ↑161,165

[21] П. П. Дьячук, Л. В. Шкерина, И. В. Шадрин, И. П. Перегудина. «Динамическое адаптивное тестирование как способ самообучения студентов в электронной проблемной среде математических объектов», *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева*, **1** (2018), с. 48–59. doi ↑161

[22] Т. О. Кочеткова, О. А. Карнаухова. «Адаптивная образовательная стратегия обучения математике студентов в электронной среде», *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева*, **2** (2018), с. 50–56. doi ↑161

[23] В. А. Шершнева. «Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза», *Педагогика*, **5** (2014), с. 62–70. URL ↑161

[24] A. A. Kytmanov, M. V. Noskov, K. V. Safonov, M. V. Savelyeva, V. A. Shershneva. “Competency-based Learning in Higher Mathematics Education as a Cluster of Efficient Approaches”, *Bolema: Mathematics Education Bulletin*, **30**:56 (2016), pp. 1113–1126. doi ↑161

[25] Л. В. Шкерина, Е. В. Сенькина, Г. С. Саволайнен. «Междисциплинарный образовательный модуль как организационно-педагогическое условие формирования исследовательских компетенций будущего учителя математики в вузе», *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева*, **4** (2013), с. 76–80. URL ↑162

[26] M. Lindner. “Use these tools, your mind will follow. Learning in immersive micromedia and microknowledge environments”, *Proceeding of the 13th International Conference of the Association for Learning Technology*, ALT-C 2006 (Edinburgh, United Kingdom, September 5–7, 2006), pp. 41–49. URL ↑162

[27] A. Schmidt. “Microlearning and the Knowledge Maturing Process: Towards Conceptual Foundations for Work-Integrated Microlearning Support”, *Proceedings of the 3rd International MicroLearning Conference* (Innsbruck, Austria, June 21–22, 2007), pp. 99–105. URL ↑162

[28] I. Buchem, H. Hamelmann. “Microlearning: A Strategy for Ongoing Professional Development”, *eLearning Papers*, **21**:7 (2010), pp. 1–15. URL ↑162

[29] S. Alsardary, P. Blumberg. “Interactive, learner-centered methods of teaching mathematics”, *Primus*, **19**:4 (2009), pp. 401–416. URL ↑162

[30] M. Abdulwahed, B. Jaworski, A. R. Crawford. “Innovative approaches to teaching mathematics in higher education: a review and critique”, *Nordic Studies in Mathematics Education*, **17**:2 (2012), pp. 49–68. URL ↑162

[31] Л. В. Шкерина, П. П. Дьячук, М. К. Грицков. «Самоорганизация обучающегося в процессе научения решению математических задач в проблемной среде: синергетический подход», *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева*, **2** (2014), с. 96–101. URL ↑162

[32] Е. К. Войшвилло. *Понятие как форма мышления: логико-гносеологический анализ*, Изд-во МГУ, М., 1989, 240 с. ↑164

[33] Г. М. Цибульский, Ю. В. Вайнштейн, Р. В. Есин. *Разработка адаптивных электронных обучающих курсов в среде LMS Moodle*, Сиб. фед. ун-т, Красноярск, 2018, 184 с. URL ↑165

[34] Г. А. Атанов. «Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого», *Образовательные технологии и общество*, **4**:1 (2001), с. 111–124. URL ↑165

Поступила в редакцию 15.09.2018
Переработана 07.11.2018
Опубликована 19.11.2018

Рекомендовал к публикации *д.ф.-м.н. С. В. Знаменский*

Пример ссылки на эту публикацию:

В. А. Шершнева, Ю. В. Вайнштейн, Т. О. Кочеткова. «Адаптивная система обучения в электронной среде». *Программные системы: теория и приложения*, 2018, **9**:4(39), с. 159–177.

doi 10.25209/2079-3316-2018-9-4-159-177

URL `http://psta.psiras.ru/read/psta2018_4_159-177.pdf`

Эта же статья по-английски: doi 10.25209/2079-3316-2018-9-4-179-197

Об авторах:

Виктория Анатольевна Шершнева

профессор кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет; доктор педагогических наук, профессор

0000-0002-9386-2018
e-mail: vshershneva@yandex.ru

Юлия Владимировна Вайнштейн

доцент кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет; кандидат технических наук, доцент

0000-0002-8370-7970
e-mail: julia_ww@mail.ru

Татьяна Олеговна Кочеткова

доцент кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности, Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет; кандидат физико-математических наук, доцент

0000-0002-3938-8693
e-mail: ta-ko@yandex.ru

Sample citation of this publication:

Victoria Shershneva, Yulia Vainshtein, Tatiana Kochetkova. “Adaptive system of web-based teaching”. *Program Systems: Theory and Applications*, 2018, **9**:4(39), pp. 159–177. (*In Russian*).

10.25209/2079-3316-2018-9-4-159-177

http://psta.psiras.ru/read/psta2018_4_159-177.pdf

The same article in English: 10.25209/2079-3316-2018-9-4-179-197