

Адаптация математического образовательного контента в электронных обучающих ресурсах¹

Современные тенденции развития мирового электронного образовательного пространства определяют необходимость разработки и внедрения адаптивных обучающих интеллектуальных сред и ресурсов. Перспективным направлением в области повышения качества обучения математическим дисциплинам выступает разработка и применение адаптивных электронных образовательных ресурсов, опыт разработки и применения которых в высших учебных заведениях в настоящее время чрезвычайно ограничен и не предполагает универсальности использования. Под адаптивными образовательными ресурсами в электронной среде понимаются электронные образовательные ресурсы, предоставляющие студенту персональное образовательное пространство, наполненное учебным контентом, «подстраиваемым» под индивидуальные характеристики обучающихся и обеспечивающее их необходимой информацией.

Настоящая статья посвящена разработке алгоритмов адаптации математического образовательного контента и их реализации в системе электронного обучения. Особенностью предложенных алгоритмов является возможность их применения и тиражирования для построения адаптивных электронных обучающих ресурсов. Новизной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе «вводная адаптация контента» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня студента) – «текущая адаптация контента» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) – «оценочно-корректирующая адаптация» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). Для каждого этапа предложенной системе представлены алгоритмы адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. В связи с высоким уровнем абстракции и сложностью восприятия математических дисциплин образовательный контент

представляется в различных редакциях изложения, соответствующих уровням усвоения материала курса. Его адаптация состоит в подборе оптимальной редакции материала максимально соответствующей индивидуальным характеристикам студента. Внедрение предложенной трехступенчатой системы адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе позволяет реализовать в электронной среде индивидуальные образовательные траектории и сформировать для каждого студента персональное пространство математического образовательного контента, «подстраиваемое» под его уровень усвоения материала, что содействует повышению качества образовательного процесса по математическим дисциплинам.

В работе использованы методы математического моделирования и логико-гносеологического анализа, теория графов и гиперграфов, системный анализ, теория управления динамическими процессами и системами, методы проектирования и имитационного моделирования сложных систем.

Апробация предложенных в работе алгоритмов к организации адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», показала продуктивность использования предложенного подхода в учебном процессе. Полученные результаты могут быть использованы при построении адаптивных электронных образовательных ресурсов в других образовательных учреждениях высшего образования.

Дальнейшее развитие предложенного в работе подхода предполагает разработку формальной модели адаптации образовательного контента, включающей управляющие правила, построенные на основе методов экспертных оценок и теории нечетких множеств.

Ключевые слова: адаптивный электронный обучающий ресурс, обучение математике, адаптация математического контента, адаптивное обучение, персонализированное обучение, индивидуальная образовательная траектория, LMS Moodle.

Yuliya V. Vainshtein, Victoria A. Shershneva, Roman V. Esin, Tatyana V. Zyкова

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Adaptation of mathematical educational content in e-learning resources

Modern trends in the world electronic educational system development determine the necessity of adaptive learning intellectual environments and resources' development and implementation. An upcoming trend in improvement the quality of studying mathematical disciplines is the development and application of adaptive electronic educational resources. However, the development and application experience of adaptive technologies in higher education is currently extremely limited and does not imply the usage flexibility. Adaptive educational resources in the electronic environment are electronic educational resources that provide the student with a personal educational space, filled with

educational content that "adapts" to the individual characteristics of the students and provides them with the necessary information.

This article focuses on the mathematical educational content adaptation algorithms development and their implementation in the e-learning system. The peculiarity of the proposed algorithms is the possibility of their application and distribution for adaptive e-learning resources construction. The novelty of the proposed approach is the three-step content organization of the adaptive algorithms for the educational content: "introductory adaptation of content", "the current adaptation of content", "estimative and a corrective adaptation". For each

¹Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16–18–10304).

stage of the proposed system, mathematical algorithms for educational content adaptation in adaptive e-learning resources are presented. Due to the high level of abstraction and complexity perception of mathematical disciplines, educational content is represented in the various editions of presentation that correspond to the levels of assimilation of the course material. Adaptation consists in the selection of the optimal edition of the material that best matches the individual characteristics of the student. The introduction of a three-step content organization of the adaptive algorithms for the educational content in the adaptive e-learning resource made it possible to implement individual educational paths in the electronic environment. For each student it was formed a personal space of mathematical educational content that "adapts" to its level of mastering the material, which contributed to improving the quality of the educational process in mathematical disciplines.

In this paper, the methods of mathematical modeling and logical-gnosiological analysis, the theory of graphs and hypergraphs, system

analysis, dynamic processes and systems control theory, complex systems design and imitation modelling methods were used.

Approbation of the proposed algorithms for the educational content organization of adaptation in the adaptive electronic learning resource for the discipline "Discrete mathematics" showed the productivity of the proposed approach in the teaching process. The obtained results could be used for adaptive electronic educational resources construction in other educational institutions of higher education.

Further development of the proposed approach involves the development of a formal model of the educational content adaptation, including control rules, based on the expert evaluation methods and the fuzzy-set theory.

Keywords: adaptive e-learning resource, teaching of mathematics, adaptation of mathematical content, adaptive learning, personalized education, individual educational path, LMS Moodle.

Введение

Развитие электронного обучения и дистанционных образовательных технологий обозначено как обязательная составляющая формирования информационного пространства знаний в соответствии с указом президента РФ «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [1]. В мировой образовательной системе в условиях формирования новых образовательных технологий распространение получает индивидуализация образовательного процесса в электронной среде. Современные тенденции развития мирового электронного образовательного пространства определяют необходимость разработки и внедрения адаптивных обучающих интеллектуальных сред и ресурсов. Перспективным направлением в области повышения качества обучения математическим дисциплинам выступает разработка и применение адаптивных электронных образовательных ресурсов, опыт разработки и применения которых в высших учебных заведениях в настоящее время чрезвычайно ограничен и не предполагает универсальности использования. Под адаптивными образовательными ресурсами в электронной среде понимаются электронные образовательные ресурсы, кото-

рые предоставляют студенту персональное образовательное пространство, наполненное математическим контентом, который «подстраивается» под индивидуальные характеристики обучающихся и обеспечивает их необходимой информацией [2]. В качестве индивидуальных характеристик обучающихся выступают уровень усвоения материалов дисциплины и активность в электронном курсе.

Спектр функциональных задач решаемых при помощи адаптивных образовательных ресурсов, реализуемых в системах электронного обучения чрезвычайно широк, начиная от организации самостоятельной работы студентов и построения дистанционного обучения до развития профессиональных компетенций в условиях современного тренда «*life long learning*». Ключевыми задачами при разработке адаптивных образовательных ресурсов по математическим дисциплинам выступают структурирование образовательного математического контента, построение нормативной модели обучающегося, а также разработка алгоритмов и методов автоматизированной навигации участников образовательного процесса в системе электронного обучения. Для решения каждой из этих задач необходимы формализация набора параметров, разработка подсистем и алгоритмов

и определение педагогических методов и принципов, совокупность которых позволяет реализовать непрерывный образовательный процесс в адаптивной электронной среде и осуществлять построение индивидуальной образовательной траектории.

Обзор существующих образовательных практик в области моделей и подходов к реализации адаптивных образовательных ресурсов и сред позволил выделить разработку методов построения индивидуальных образовательных траекторий [3–6], подходов к моделированию предметных областей дисциплин [7–8], формирование моделей поведения обучаемых [9–11] и разработку алгоритмов адаптации в обучающих системах и средах [12–17]. Все эти подходы и их решения предоставляют широкий набор функциональных возможностей для построения адаптивных обучающих систем, но для применения их в области обучения математики в условиях интенсивного развития инфокоммуникационных технологий необходима их модернизация и интеграционное развитие.

Настоящая статья посвящена разработке алгоритмов адаптации математического образовательного контента и их реализации в системе электронного обучения. Особенностью предложенного подхода является возможность

его применения и тиражирования в адаптивных электронных обучающих ресурсах (АЭОР), реализуемых в системах управления обучением, в том числе на платформе электронного обучения Learning Management System (LMS) Moodle.

Новизной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе «вводная адаптация контента» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня студентов) – «текущая адаптация контента» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) – «оценочно-корректирующая адаптация» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). На этапе вводной адаптации осуществляется оценка начального уровня подготовки обучающихся к изучению материала дисциплины. При необходимости осуществляется коррекция уровня подготовки студентов путем персонального предоставления обучающих, информационно-справочных и других материалов. На этапе текущей адаптации производится адаптация содержания учебного контента образовательного ресурса в зависимости от текущего уровня усвоения материала, то есть материалы «адаптируются под знания и умения студента и позволяют заполнить слабые места». Этап оценочно-корректирующей адаптации предполагает корректировку нормативных параметров уровня усвоения

материалов дисциплины на основе анализа полученных результатов группового уровня освоения материалов АЭОР.

Алгоритмы адаптации образовательного контента

Перейдем к рассмотрению алгоритмов адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. Предложенные алгоритмы апробированы при разработке АЭОР в виртуальной обучающей среде LMS Moodle, широчайший функционал управления учебной деятельностью в электронной среде которой, делает ее одной из самых распространенных и используемых систем для разработки электронных обучающих ресурсов в российских и зарубежных высших учебных заведениях [18]. Общая структура трехступенчатой системы адаптации образовательного контента в АЭОР и реализации индивидуальных образовательных траекторий путем формирования для каждого студента персонального пространства учебных материалов представлена на рис. 1.

На начальном этапе обучения осуществляется *вводная адаптация* участников образовательного процесса, алгоритм которой представлен на рис. 2. Она включает оценку начального уровня подготовки, выявление пробелов необходимых (базовых) математических знаний, препятствующих качественному усвоению нового материала преподаваемой дисциплины. На основе оценки уровня начальной подготовки рекомендуется разделить всех студентов условно на три группы: «низкий» уровень подготовки с входным баллом в

полуинтервале [0;50%), «средний» с входным баллом в полуинтервале [50;75%) и «высокий» уровень подготовки с входным баллом в интервале [75%;100%]. Студентам групп с «низким» и «средним» уровнем персонально рекомендованы дополнительные корректирующие материалы, которые позволят восполнить недостающие математические знания и в дальнейшем быстрее усвоить материал, а также уменьшить трудозатраты на изучение дисциплины. Таким образом, на данном этапе для каждого студента начинается индивидуальная образовательная траектория и к началу изучения материалов дисциплины в адаптивном электронном обучающем ресурсе все достигают уровня подготовки, достаточного для освоения курса.

В процессе обучения в адаптивном электронном образовательном ресурсе реализуются следующие два этапа адаптации образовательного контента: текущая и оценочно-корректирующая. Структурирование образовательного контента адаптивного электронного образовательного ресурса по дисциплинам математического цикла предлагается производить путем выделения минимальных теоретических единиц, представляющих собой семантически законченные микропорции учебного материала, называемые *термами* и определения последовательности их изучения. Подробнее принципы построения модели образовательного контента, основанной на логико-гносеологическом анализе Е.К. Войшвилло, изложены в работе авторов [19].

Исходя из педагогической практики при объяснении ма-



Рис. 1. Система адаптации образовательного контента в АЭОР

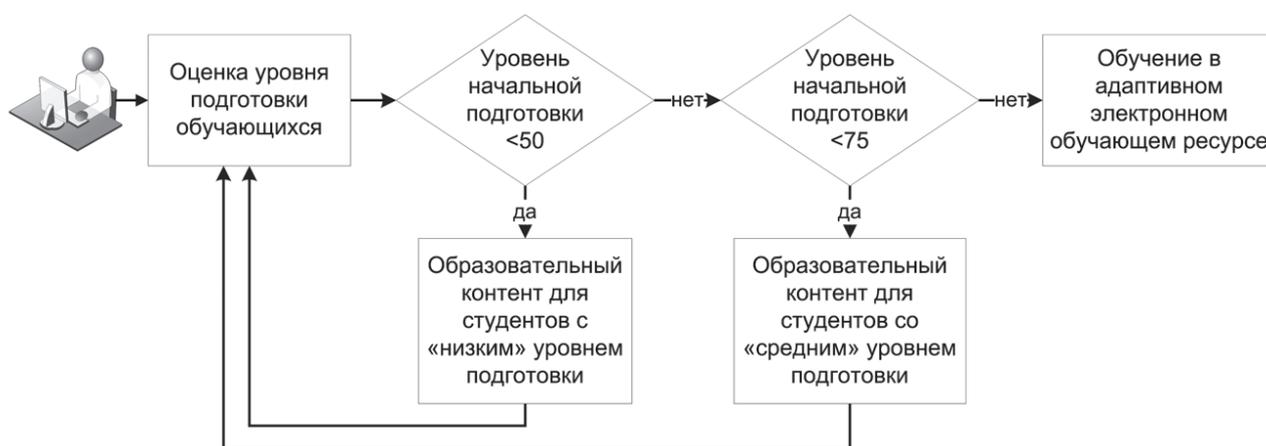


Рис. 2. Алгоритм вводной адаптации в АЭОР

териала часто возникает необходимость представлять его в различных формах, в АЭОР для каждого термина математического контента в связи с высоким уровнем абстракции и сложностью восприятия математических дисциплин предлагается использовать не менее трех редакций изложения, каждая из которых отличается друг от друга степенью детализации материала и формой его представления: текстовые, графические, аудио и видео материалы. В работе изложение редакций термов образовательного контента основано на уровнях сформированности математической компетентности [20–21]. Нами были выделены следующие уровни: уровень воспроизведения, уровень установления связей и зависимостей и уровень рассуждения.

Изложение термина математического контента в редакции первого уровня (воспроизведения) строится таким образом, что дает представление о применении в знакомой ситуации фактов и стандартных приемов, знакомит с математическими объектами и их свойствами, стандартными выражениями и формулами, демонстрирует выполнение стандартных процедур и известных алгоритмов и непосредственное выполнение вычислений и преобразований.

Изложение термина математического контента в редакции

второго уровня установления связей и зависимостей содержит наряду с материалом термина первого уровня также материал демонстрирующий примеры установления связей и зависимостей между данными в условиях задач, а также подходы анализа условий задач и приемы интеграции математических методов и знаний при их решении, а также примеры решения математических задач, которые, хотя и не являются типичными, но все же знакомы учащимся или в очень малой степени выходят за рамки известного.

Изложение термина математического контента в редакции уровня рассуждений включает материалы, направленные на развитие навыков самостоятельности и инициативности,

включает проблемный подход к изложению материала, побуждает студентов к самостоятельному формированию алгоритмов решения задач, интегрированию знаний всего курса и объяснению и обоснованию полученных результатов. Предложенное наполнение редакций образовательного контента отражает специфику формирования математической компетентности.

Особенностью модели построения АЭОР является возможность улучшения уровня освоения материала путем изучения термов образовательного контента дисциплины в редакциях изложения, соответствующих текущему уровню усвоения материала (уровню сформированной математической компетентности). За счет

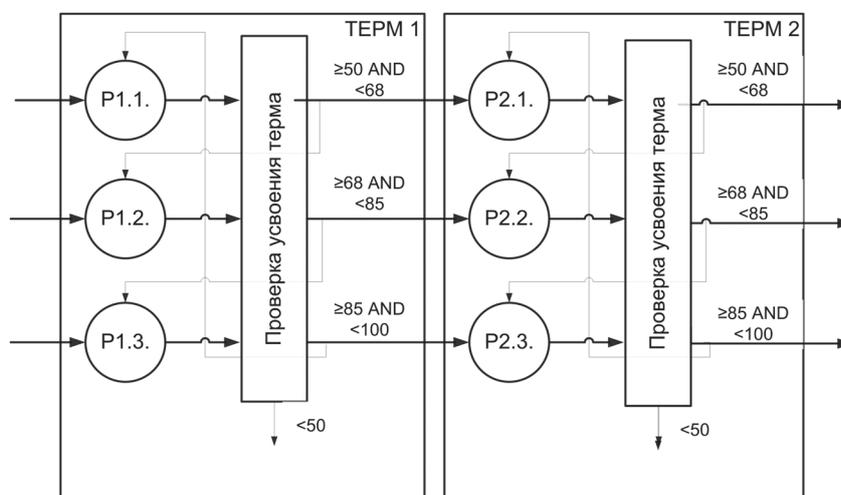


Рис. 3. Алгоритм переключения между редакциями термина в процессе текущей адаптации

представления математического материала в различных редакциях у студентов появляется возможность облегчить понимание сложных теоретических моментов посредством разностороннего (вариативно-го) представления содержания термина. Фрагмент укрупненного алгоритма *текущей адаптации* образовательного контента в зависимости от уровня освоения материала (переключения между редакциями Р1.1., Р1.2, Р1.3 термина 1 и редакциями Р2.1., Р2.2, Р2.3 термина 2) представлен на рис. 3.

Данный алгоритм позволяет строить множественные траектории с возможностью повторного изучения материала в различных редакциях изложения. Включенные в модель управления учебным процессом правила подбора учебного контента позволяют рекомендовать для обучающегося оптимальную редакцию изучаемого материала текущего термина на основе индивидуальных характеристик студентов. Результативные действия обучающихся инициируют автоматизированный переход к изучению материалов следующего термина или повторению материалов текущего термина в другой редакции изложения.

Процесс проверки усвоения материалов термина осуществляется систематически с помощью контрольно-измерительных материалов. Для каждого обучающегося после изучения очередного термина предлагаются две попытки проверки его усвоения. При этом засчитывается всегда последняя попытка. Таким образом, после первой попытки студент решает, будет ли он улучшать свой результат или считает его достаточным и перейдет к изучению следующего термина курса в редакции, соответствующей его достигнутому уровню. При превышении числа допустимых попыток и в случае неудовлетворительных результатов освоения материала

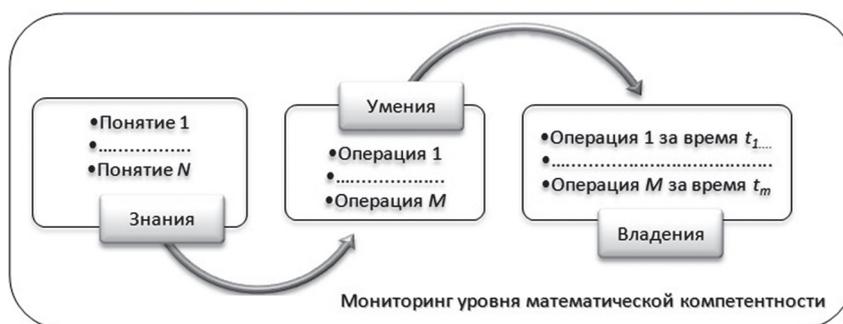


Рис. 4. Проверка усвоения материалов термина

по терму предлагается консультация с преподавателем дисциплины. Таким образом, для каждого обучающегося реализуется индивидуальная образовательная траектория и формируется персональное пространство учебных материалов, наполненное математическим контентом, ориентированным на индивидуальные характеристики студента и «подстраиваемым» под его уровень усвоения материала, что содействует повышению качества образовательного процесса по математическим дисциплинам.

Процесс проверки усвоения материалов по каждому терму реализуется в триаде «знания-умения-владения». Общая структура процесса проверки усвоения материалов термина образовательного контента представлена на рис. 4. Процесс проверки знаний состоит в контроле усвоения понятий термина. Умения представляются как операции над изученными понятиями и включают специ-

альные операции предметной области дисциплины. Оценка владения материалом организуется через элементы АЭОР (задания и тесты), выполнение которых ограничено заданным временем. Комплексный мониторинг представленной триады позволяет оценить уровень сформированности математической компетенции, выражающейся в способности применять знаний математических дисциплин в профессиональной деятельности.

Назначением *оценочно-корректирующей адаптации* является оценка и корректировка нормативных значений уровня усвоения материалов АЭОР, выступающих параметрами перехода между редакциями материалов и терминами образовательного контента. Первоначально нормативные значения устанавливаются на основе экспертной преподавательской оценки. Далее по результатам проверки усвоения материалов и оценки приобретенных знаний, умений и владения

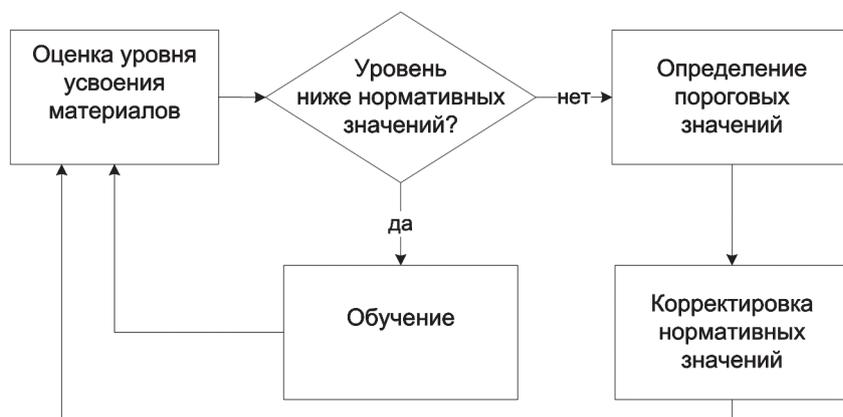


Рис. 5. Алгоритм оценочно-корректирующей адаптации

опытом обучающихся в адаптивном электронном обучающем ресурсе осуществляется корректировка начальных нормативных значений. В качестве нормативных значений выступают пороговые значения, определяемые как среднее значение по группе обучающихся. Укрупненный алгоритм оценочно-корректирующей адаптации представлен на рис. 5.

В процессе экспериментальной апробации предложенного в работе алгоритма применена двухитерационная система оценочно-корректирующей адаптации. В настоящее время стоит вопрос об оптимизации количества итераций процесса оценочно-корректирующей адаптации и формализации условий останова процесса корректировки нормативных значений оценки уровня усвоения материалов АЭОР.

Техническая реализация предложенной схемы адаптации осуществлена в LMS Moodle при помощи наложения ограничений на учебные элементы электронного ресурса: отслеживания выполнения элемента – изучения определенной редакции термина или прохождения контрольной точки и отслеживания уровня усвоения термина. Настройка элементов адаптивного электронного обучающего ресурса на основе предложенного подхода позволяет реализовать многовариантность представления учебной информации в рамках единого электронного курса и сформировать для каждого студента индивидуальный профиль представления математического контента.

Апробация предложенных в работе алгоритмов к организации адаптации математического образовательного контента осуществлена в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», разработанном на базе системы управления обучением Moodle для направления 09.03.02 –



Рис. 6. Распределение студентов по количеству подходов к изучению материалов АЭОР

«Информационные системы и технологии» Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета.

В эксперименте приняли участие 121 студент экспериментальной группы выбранного направления и 119 студентов контрольной группы направления 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника». Распределение студентов по количеству подходов к изучению материалов адаптивного электронного обучающего ресурса представлено на рис. 6. Подавляющее большинство студентов освоили материал в адаптивном электронном обучающем ресурсе самостоятельно. Только двум процентам студентов понадобилась эпизодическая

поддержка преподавателя при изучении материалов курса, причем большинство возникших вопросов были связаны с техническими особенностями доступа к АЭОР.

В результате итогового контроля усвоения материалов дисциплины «Дискретная математика» в АЭОР, результаты которого представлены на рис. 7, результативность экспериментальной группы оказалась в среднем на 6% выше, чем в контрольной группе.

Также для оценки предложенного подхода было проведено анкетирование студентов экспериментальной группы, которое продемонстрировало положительную реакцию обучающихся на внедрение предложенных системы и алгоритмов адаптации обра-

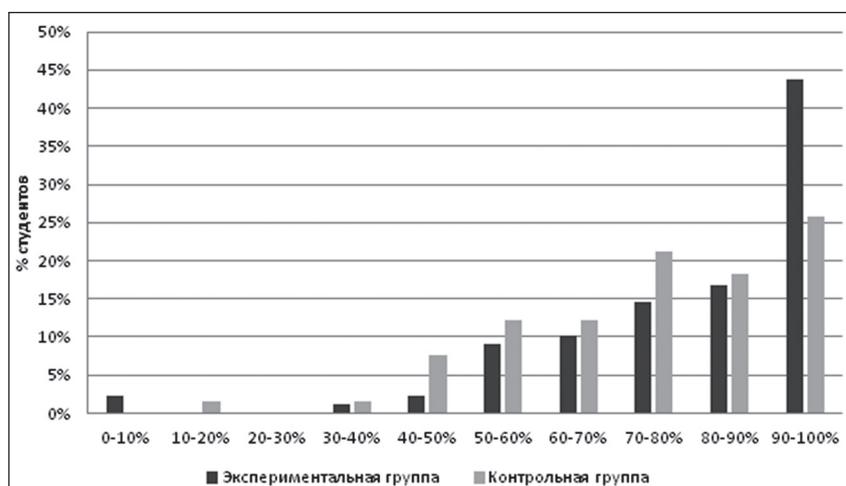


Рис. 7. Итоговый контроль освоения материалов АЭОР

зовательного контента математической дисциплины.

Например, при оценке адаптивности к уровню освоения материала 67,4% респондентов отметили вариант «высокий уровень адаптивности», 28,3% посчитали «уровень адаптивности скорее высокий» и всего 4,3% выбрали вариант «не знаю».

86,1% респондентов отметили повышение мотивации к изучению дисциплины в адаптивном электронном образовательном ресурсе, 13,8% воздержались от ответа и лишь для 1,1% предложенный подход показался скорее неинтересным, за полное отсутствие интереса к методам адаптации образовательного контента не высказался никто.

67% студентов отметили, что изучение дисциплины в адаптивном электронном обучающем ресурсе способствует лучшему усвоению предмета по сравнению с традиционным обучением, 15% отметили значимость предложенного подхода и 18% затруднились дать ответ на этот вопрос.

Таким образом, апробация предложенных в работе алгоритмов в организации адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», показала продуктивность использования предложенной системы в учебном процессе.

Заключение

В работе представлен новый подход к организации адаптивного обучения математике в электронной среде. Новиз-

ной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе: «вводная адаптация контента» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня подготовки студентов) – «текущая адаптация контента» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) – «оценочно-корректирующая адаптация» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). Для каждого этапа данной системы представлены оригинальные авторские алгоритмы адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. Предложенная трехступенчатая система адаптации математического образовательного контента выполняет функции «проводника» студента от начала и до конца обучения дисциплине, адаптируя обучающие материалы с учетом рассмотренной специфики формирования математической компетентности.

Внедрение предложенного подхода к адаптации математического контента в электронном обучающем ресурсе позволяет сформировать для студентов индивидуальные образовательные траектории в рамках гибкого персонализированного учебного графика с многократным контролем процесса самообразования. При использовании представ-

ленной в работе системы для каждого студента формируется персональное пространство математического образовательного контента, максимально соответствующее его индивидуальным характеристикам. Применение разработанных алгоритмов в процессе обучения математике в электронной среде позволяет студентам получить результаты, которые ранее были возможны только с преподавателем, тщательно отслеживающим прогресс учеников и разъясняющим им материал.

Проведенный педагогический эксперимент подтвердил, что организация автоматизированной адаптации математического образовательного контента позволяет преподавателю обеспечить индивидуальный подход в обучении студентов в условиях электронной среды, независимо от степени наполняемости групп, обеспечивая простоту построения персонального образовательного сценария для каждого студента.

Полученные результаты могут быть также использованы для разработки адаптивных электронных обучающих ресурсов по другим дисциплинам. Дальнейшее развитие предложенного в работе подхода и алгоритмов организации адаптации образовательного контента в трехступенчатой системе предполагается путем разработки формальной модели, включающей управляющие правила корректировки нормативных значений оценки уровня усвоения материалов АЭОР, построенные на основе методов экспертных оценок и теории нечетких множеств.

Литература

1. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» URL: ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz4jhpjoKJn> (дата обращения 26.06.2017)

2. Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В., Цибуль-

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 9 maya 2017 g. No. 203 «O Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017–2030 gody». URL: GARANT.RU: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz4jhpjoKJn> (accessed: 26.06.2017) (in Russ.).

2. Vainshtein Yu.V., Esin R.V., Tsibul'skiy G.M.

- ский Г.М. Адаптивная модель построения индивидуальных образовательных траекторий при реализации смешанного обучения // Информатика и образование. 2017. № 2. С. 83–86
3. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Разработка авторской интеллектуальной обучающей системы // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2016. № 1 (3). С. 100–104.
4. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А., Козлова О.А. Динамическая интеллектуальная система управления процессами в информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений // Открытое образование. 2013. № 1 (96). С. 40–49.
5. Курейчик В.В., Бова В.В. Моделирование процесса представления знаний в интеллектуальных обучающих системах на основе компетентностного подхода // Открытое образование. 2014. № 3 (104). С. 42–48.
6. Болотова К.П. Разработка информационной системы для формирования индивидуальной образовательной траектории // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2015. Т. 1. № 1 (2). С. 29–33.
7. Атанов Г.А. Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого // Образовательные технологии и общество. 2001. Вып. 1. Т. 4. С. 111–124.
8. Murray T., Blessing Stephen, Ainsworth S. *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software*. 2013. 557 p. DOI: 10.1007/978-94-017-0819-7
9. Зайцева Л.В., Буль Е.Е. Адаптация в компьютерных системах на базе структуризации объектов обучения // Образовательные технологии и общество. 2006. 9(1). С. 422–427.
10. Коляда М.Г. Виды моделей, обучаемых в автоматизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. 2008. № 2. С. 28–33.
11. Растрюгин Л.А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. Рига: Зинатне. 1988. 160 с.
12. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2003. Vol.13. P. 156–169.
13. Бершадский А.М., Бождай А.С., Мкртчян В.С. Принципы построения общедоступной самоадаптирующейся системы дистанционного обучения на основе модели изменчивости и сервис-ориентированной архитектуры // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 2. С. 146–153.
14. Van der Linden W.J. Elements of adaptive testing // *Statistical for social and behavioral sciences*, Springer Science, Business Media, LLC, 2010. 437 p.
15. Маскаева А.М. Проектирование индивидуальных образовательных траекторий обучающихся // Инициативы XXI века. 2010. № 3. С. 23–24.
- Adaptivnaya model' postroeniya individual'nyh obrazovatel'nyh traektoriy pri realizatsii smeshannogo obucheniya. *Informatika i obrazovanie*. 2017. No. 2. P. 83–86. (in Russ.)
3. Afanas'ev A.N., Voyt N.N., Kanev D.S. Razrabotka avtorskoy intellektual'noy obuchayushchey sistemy. *Elektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii*. 2016. No. 1 (3). P. 100–104. (in Russ.)
4. Tel'nov Y.F., Kazakov V.A., Kozlova O.A. Dinamicheskaya intellektual'naya sistema upravleniya protsessami v informatsionno-obrazovatel'nom prostranstve vysshih uchebnyh zavedeniy. *Otkrytoe obrazovanie*. 2013. No. 1 (96). P. 40–49. (in Russ.)
5. Kureychik V.V., Bova V.V. Modelirovanie protsessa predstavleniya znaniy v intellektual'nyh obuchayushchih sistemah na osnove kompetentnostnogo podhoda. *Otkrytoe obrazovanie*. 2014. No. 3 (104). P. 42–48. (in Russ.)
6. Bolotova K.P. Razrabotka informatsionnoy sistemy dlya formirovaniya individual'noy obrazovatel'noy traektorii. *Elektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii*. 2015. T. 1. No. 1 (2). P. 29–33. (in Russ.)
7. Atanov G.A. Modelirovanie uchebnoy predmetnoy oblasti, ili predmetnaya model' obuchemogo. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo*. 2001. Iss. 1. Vol. 4. P. 111–124.
8. Murray T., Blessing Stephen, Ainsworth P. *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software*. 2013. 557 p. DOI: 10.1007/978-94-017-0819-7
9. Zaytseva L.V., Bul' E.E. Adaptatsiya v komp'yuternykh sistemah na baze strukturizatsii obektov obucheniya. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo*. 2006. 9(1). P. 422–427. (in Russ.)
10. Kolyada M.G. Vidy modeley, obuchaemykh v avtomatizirovannykh obuchayushchih sistemah. *Iskusstvennyy intellekt*. 2008. No. 2. P. 28–33.
11. Rastrigin L.A. *Adaptivnoe obuchenie s model'yu obuchaemogo*. Riga: Zinatne. 1988. 160 p. (in Russ.)
12. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2003. Vol.13. P. 156–169.
13. Bershadskiy A.M., Bozhday A.S., Mkrтчyan V.S. Printsipy postroeniya obshchedostupnoy samoadaptiruyushchey sistema distantsionnogo obucheniya na osnove modeli izmenchivosti i servis-orientirovannoy arhitektury. *Informatsionnye tekhnologii*. 2016. Vol. 22. No. 2. P. 146–153. (in Russ.)
14. Van der Linden W.J. Elements of adaptive testing. *Statistical for social and behavioral sciences*, Springer Science, Business Media, LLC, 2010. 437 p.
15. Maskaeva A.M. Proektirovanie individualnih obrazovatelnykh traektorii obuchayushchihsiya// *Iniciativy XXI veka*. 2010. No. 3. P. 23–24. (in Russ.)

16. *Гура В.В.* Теоретические основы педагогического проектирования личностно-ориентированных электронных образовательных ресурсов и сред. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ. 2007. 320 с.

17. *Гаевой В.А., Захаров Д.Ю.* Подход к построению адаптивной системы управления обучением // Открытое образование. 2014. № 1(102). С. 65–69.

18. *Hicks K.* Understanding The Top Learning Management Systems URL: <http://www.edudemic.com/the-20-best-learning-management-systems/> (дата обращения 11.06.2017)

19. *Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В., Цибульский Г.М.* Адаптивные обучающие ресурсы как средство повышения квалификации педагогических кадров // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2017. № 2. С. 52–55.

20. *Анисова Т.Л.* Адаптивная система обучения математике как средство формирования математических компетенций учащихся вузов и оценки степени их достижения // Фундаментальные исследования. 2012. № 3. С. 265–268.

21. *Булкбаев Д.А., Катранов А.Г., Морозов А.В.* Формирование компетенций в курсе математики // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 648. С. 192–201.

16. *Gura V.V.* Teoreticheskie osnovy pedagogicheskogo proektirovaniya lichnostno-orientirovannykh ehlektronnykh obrazovatel'nykh resursov i sred. Rostov-on-Don: Izd-vo YUFU. 2007. 320 P. (in Russ.)

17. *Gaevoy V.A., Zaharov D.Yu.* Podhod k postroeniyu adaptivnoy sistemy upravleniya obucheniem. Otkrytoe obrazovanie. 2014. No. 1(102). P. 65–69. (in Russ.)

18. *Hicks K.* Understanding The Top Learning Management Systems. URL: <http://www.edudemic.com/the-20-best-learning-management-systems/> (accessed: 11.06.2017)

19. *Vainshtein Yu.V., Esin R.V., Tsibul'skiy G.M.* Adaptivnye obuchayushchie resursy kak sredstvo povysheniya kvalifikatsii pedagogicheskikh kadrov. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'eva. 2017. No. 2. P. 52–55. (in Russ.)

20. *Anisova T.L.* Adaptivnaya sistema obucheniya matematike kak sredstvo formirovaniya matematicheskikh kompetencii uchashihsya vuzov i ocenki stepeni ih dostijeniya. Fundamentalnie issledovaniya. 2012. No. 3. P. 265–268. (in Russ.)

21. *Bulekbaev D.A., Katranov A.G., Morozov A.V.* Formirovanie kompetencii v kurse matematiki. Trudi Voenno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mojaiskogo. 2015. No. 648. P. 192–201. (in Russ.)

Сведения об авторах

Юлия Владимировна Вайнштейн

К.т.н., доцент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: julia_ww@mail.ru

Виктория Анатольевна Шершнева

Д.п.н., профессор, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: vshershneva@yandex.ru

Роман Витальевич Есин

Ассистент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: surgeon14@mail.ru

Татьяна Викторовна Зыкова

К.ф.-м.н., доцент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: zykovatv@mail.ru

Information about the authors

Yuliya V. Vainshtein

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: julia_ww@mail.ru

Victoria A. Shershneva

Dr. Sci. (Ped.), Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: vshershneva@yandex.ru

Roman V. Esin

Assistant, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: surgeon14@mail.ru

Tatyana V. Zyкова

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Security of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: zykovatv@mail.ru