

И.А. Кречетов, В.В. Романенко, В.В. Кручинин, А.В. Городович

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия

РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ: МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Адаптивное обучение призвано повысить эффективность образования за счет всестороннего представления об обучаемом: его потребностях, уровне входных знаний, способностей к обучению и т.д. Предполагается, что на основе этих данных и с помощью специальных интеллектуальных алгоритмов обучающие системы будут формировать оптимальные траектории обучения для каждого студента и корректировать их в зависимости от результатов обучения.

Мировой опыт показывает, что сегодня адаптивное обучение не получило должного распространения в высшем образовании. Во многом это связано со сложностью технической реализации такого уровня систем, а также неподготовленностью вузов интегрировать в учебный процесс революционные методы обучения.

В рамках настоящей статьи авторы рассматривают опыт Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники в задаче реализации адаптивного электронного курса, а также предлагают конкретные методы и технологии. Приводится описание методического проектирования и разработки адаптивного контента. Рассматриваются интерфейс приложения для студента, а также аспекты программной реализации алгоритма адаптивного обучения и надстроек для системы дистанционного обучения. Сделаны заключения об исследовании программной реализации.

Ключевые слова: адаптивное обучение, электронное образование, система дистанционного обучения.

Адаптивное обучение сегодня находится на пике популярности. Первые опыты в использовании адаптивных технологий электронного обучения в ТУСУРе относятся к концу 1990-х гг. [1]. Отдельные успешные результаты были реализованы в компьютерных учебниках по математике в виде компьютерных тренажеров [2. С. 12], однако широкого внедрения в образовательный процесс они не получили по причине недостаточного уровня развития и распространенности технологий электронного обучения.

Тема адаптивного обучения вновь стала актуальной в 2010 г., когда стали приобретать популярность системы дистанционного обучения (СДО) (в частности, в ТУСУРе на факультете дистанционного обучения уже три года находилась в эксплуатации СДО Moodle) и в мире стали рождаться новые идеи по применению в дистанционном образовании веб-технологий, которые к тому моменту уже нарастили технический потенциал для возможности реализации сложных интеллектуальных информационных систем, работающих с большими данными и ориентированных на работу в сети Интернет.

Дальнейшее развитие идей адаптивного обучения в ТУСУРе изложено в работе [3. С. 322], посвященной применению онтологий в электронном обучении. Эта работа положила начало исследовательской деятельности по теме адаптивного обучения в Лаборатории инструментальных систем моделирования и обучения (ЛИСМО) ТУСУРа.

Научная деятельность ведется в этой области в ЛИСМО по сей день, результаты представлены в ряде публикаций [4–10]. В настоящей статье авторы раскрывают подходы, применяемые в ТУСУРе при реализации электронного адаптивного курса по дисциплине «Информатика».

В литературе по электронному обучению можно встретить словосочетания, которые часто упоминаются при описании сути адаптивного обучения, такие как «индивидуальная траектория», «персонализированный контент», «адаптивное тестирование» и т.д. Многие исследования, посвященные вопросам реализации индивидуального обучения, построению индивидуальных траекторий или маршрутов обучения, действительно можно отнести к теме адаптивного обучения, поскольку индивидуализация процесса обучения так или иначе

предполагает определение входных параметров обучаемого и формирование для него траектории, соответствующей результатам измерений.

Однако сегодня следует принципиально разделять технологии, реализующие дифференцированное обучение, с технологиями, которые подразумевают измерение множества параметров обучаемого в процессе обучения и способны своевременно изменять траекторию в зависимости от результатов её прохождения. Речь в последнем случае идет о технологиях адаптивного обучения.

Элементы адаптивного обучения сегодня применяют многие компании, выпускающие цифровые образовательные продукты. Степень и методы адаптации при этом могут быть разными, так как во многом зависят от контекста применения программных решений и особенностей образовательного процесса, в который они интегрированы. Существенная доля таких решений относится к нише дополнительного и корпоративного образования. Как отдельную нишу можно выделить сервисы изучения иностранных языков. В высшем образовании доля технологий адаптивного обучения сегодня невелика. Однако решения существуют, и компании-производители пытаются наращивать скорость их распространения в цифровых средах высших учебных заведений.

В особенности это распространение заметно в западных школах и вузах, которые прибегают к услугам таких компаний, как Knewton [11], Cerego [12], McGraw Hill Education [13], CogBooks [14] и др. Однако популярные западные сервисы для высшего образования не получили широкого распространения на российском рынке по разным причинам. Среди отечественных решений можно отметить площадку с открытыми онлайн-курсами Stepic [15], которая содержит инструменты по созданию адаптивных курсов. Последние версии популярной среди российских вузов системы дистанционного обучения Moodle имеют в штатной поставке функции, позволяющие привнести в механику прохождения курсов элементы адаптивного обучения.

Тем не менее на сегодняшний день можно констатировать, что для высшего образования не существует таких технических решений в сфере адаптивного обучения, которые бы позволили интегрироваться в информационно-техническую инфраструктуру образовательной среды университета и реализовывать адаптивное обучение по ряду дисциплин наряду с традиционными технологиями обучения.

Целью ТУСУРа в реализации технологий адаптивного обучения является создание платформы, позволяющей отечественным вузам создавать и внедрять адаптивные электронные курсы в образовательные процессы, в кампусные системы дистанционного обучения, а также совместно использовать базы образовательного контента.

Одной из задач в рамках обозначенной цели являются создание и апробация адаптивного электронного курса по дисциплине «Информатика» усилиями ЛИСМО, а также коллектива авторов кафедры технологий электронного обучения ТУСУРа.

Разработка адаптивного курса «Информатика»

В ТУСУРе были предложены методы и подходы [7. С. 117] реализации адаптивного обучения, которые можно представить в виде следующих этапов:

1. Компетенции, которые студент приобретает по окончании курса, необходимо декомпозировать на субкомпетенции. На данном этапе формируется база субкомпетенций.

2. Для каждой субкомпетенции необходимо разработать *модуль* – логически завершённую минимальную единицу информации образовательного характера, которая раскрывает один или несколько терминов или понятий либо направлена на формирование практических навыков. Одну и ту же субкомпетенцию могут обеспечивать несколько модулей, в то же время один модуль может обеспечивать более чем одну субкомпетенцию (выходные субкомпетенции). Модули также характеризуются набором входных субкомпетенций, необходимых студенту для того, чтобы приступить к его освоению. Поскольку выходные субкомпетенции одного модуля являются входными для другого, все модули (база модулей) находятся в связи друг с другом и образуют сеть.

3. Формирование маршрута обучения для студента производится путем выбора необходимых к освоению субкомпетенций (целевых) из базы.

4. Процесс обучения студента выглядит как предъявление ему модулей для освоения согласно целевым субкомпетенциям. Реализация адаптивного режима обучения осуществляется по алгоритму, основанному на применении кривой забывания [8. С. 75]: в моменты, когда у студента происходит забывание информации, ему предъяв-

ляется модуль, ориентированный на восполнение утраченных знаний.

Ключевые особенности алгоритма:

1. Алгоритм позволяет поддерживать знания студента на требуемом уровне за счет отслеживания процесса забывания освоенных субкомпетенций и реакции на случаи, когда знания по ним упали до уровня ниже нормы.

2. Для каждого обучаемого траектория обучения будет уникальной и зависеть от результатов прохождения модулей.

3. Алгоритм может быть настроен под разные задачи обучения (например, за минимальное время обеспечить обучаемого требуемым уровнем знаний или за заданное время обеспечить обучаемого знаниями максимального уровня).

Далее рассмотрим практическую реализацию адаптивного курса «Информатика», выраженную в осуществлении ряда мероприятий по двум этапам.

1. Методическое проектирование и разработка контента

В качестве компетенции к декомпозиции была выбрана общепрофессиональная компетенция

(ОК) «способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности». Работа над декомпозицией производилась в инструментальном средстве для создания ментальных карт FreeMind [16], позволяющем производить экспорт данных в XHTML с целью их дальнейшей обработки. Результатом работы авторского коллектива с FreeMind стало дерево, состоящее из 222 субкомпетенций на всех уровнях (рис. 1).

Следующим мероприятием являлась разработка модулей, призванных обеспечить описанные субкомпетенции. Результатом работы авторов стали текстовые документы с оговоренной внутренней структурой, описывающие требуемые характеристики модулей (отведенное на изучение время, входные и выходные компетенции и уровни владения ими) и непосредственно содержательную часть модулей. Для большинства субкомпетенций проектирование модулей производилось с обеспечением трёх уровней сложности материала, при этом применялась классическая

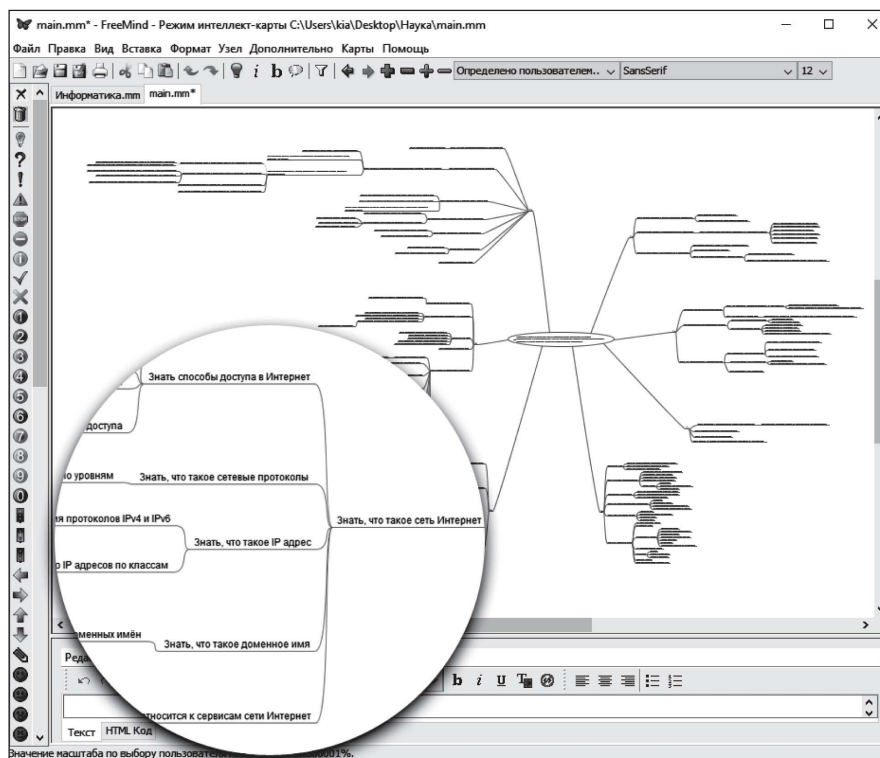


Рис. 1. Декомпозиция одной ОК на субкомпетенции в программе FreeMind

система оценивания «удовлетворительно – хорошо – отлично».

Инструментальным средством в данном случае являлся распространенный текстовый редактор MS Word. Применяя специализированные технологии по обработке текстовых документов, разработанные в ЛИСМО, данные из файлов MS Word преобразовывались в формат XML для последующего импорта в систему дистанционного обучения.

2. Программная реализация алгоритма и надстроек для системы дистанционного обучения

На этапе планирования программной реализации были приняты следующие проектные решения:

1. Для пилотного запуска в качестве системы дистанционного обучения была выбрана платформа Moodle. Выбор был подкреплён тем, что данная платформа является лидером по популярности среди российских вузов, в частности, в ТУСУРе накоплен необходимый практический опыт, позволяющий реализовать для неё надстройки в рамках поставленной задачи.

2. Весь инструментарий для работы с адаптивным контентом (базами субкомпетенций и модулей), создания и настройки адаптивных курсов, а также программный движок, реализующий алгоритм адаптивного обучения [8. С. 75], решено выполнить в форме централизованного сервиса по модели SaaS (англ. *software as a service* – программное обеспечение как услуга). Это упростит предоставление инструментария всем заинтересованным в разработке адаптивных курсов вузам и

организациям, независимо от типа используемой ими СДО.

3. Внедрение вузами-партнерами адаптивных курсов в свои СДО будет производиться путем интеграции специального клиентского приложения, которое будет предоставлять пользователям соответствующий интерфейс для работы с адаптивным курсом (режим «обучение» для студентов и режим «мониторинг» для преподавателей). Типовые клиентские приложения будут разработаны для нескольких популярных СДО (Moodle, Canvas, Open edX). Обмен данными между клиентским приложением и централизованным сервисом будет реализован через технологию API (англ. *application programming interface* – программный интерфейс приложения; набор классов, процедур, функций, констант и структур, предоставляемых сервисом для использования во внешних программных продуктах).

4. Модули и компетенции изначально не принадлежат какому-то определенному курсу, т.е. являются универсальными. Все они хранятся в общей БД, и при необходимости их можно использовать при формировании учебных курсов по разным дисциплинам.

Итоги программной реализации:

1) выполнена реализация генетического алгоритма (движка) на языках C++ и C# на обособленном сервере;

2) модифицирована используемая в СДО Moodle база данных для соответствия структурам данных контента, связанного с адаптивным обучением (модули, субкомпетенции);

3) с целью оптимизации затрат на этапе пилотного запуска инструментарий для создания и

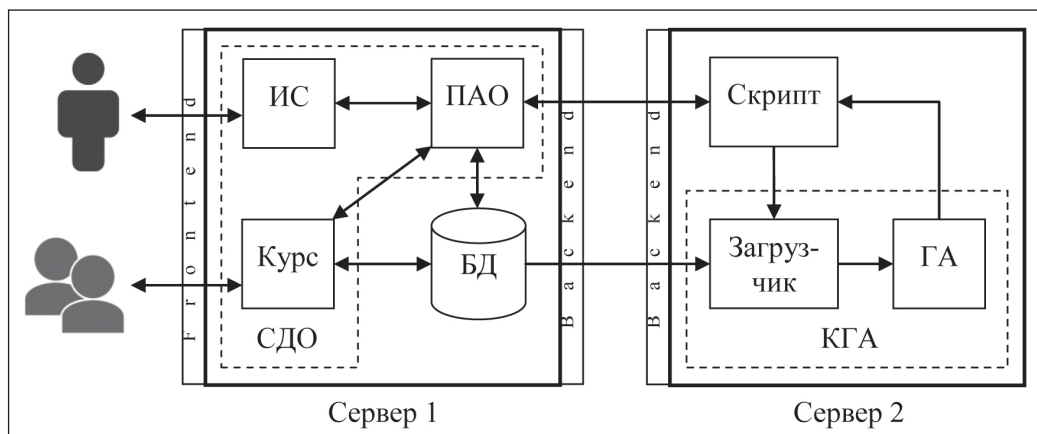


Рис. 2. Общая архитектура программного комплекса

эксплуатации адаптивных курсов был реализован в среде СДО Moodle, для чего был разработан ряд плагинов: локальный плагин, который содержит ядро решения, а также интерфейс для заполнения базы; плагин типа «тема», который подгружает ядро и отвечает за автоматическое перемещение по элементам внутри курса для студента; плагин типа «ресурс», который отвечает за предоставление контента модулей. Обмен данными между движком и Moodle производится посредством API. В дальнейшем остальные инструментальные средства планируется также перенести на сервер движка. Общая архитектура полученного программного комплекса изображена на рис. 2;

4) разработанные авторами модули и компетенции были перенесены в БД Moodle в автоматизированном режиме.

В архитектуру программного комплекса входят следующие компоненты:

– СДО – используемая система дистанционного обучения (Moodle).

– Курс – адаптивный учебный курс.

– БД – база данных (не входит в состав Moodle, поэтому изображена вне СДО), в которой хранится вся информация о модулях курса, тестах, профилях студентов и т.д.

– ПАО – плагины для Moodle, реализующие модель адаптивного обучения.

– ИС – инструментальная система для разработки адаптивного курса.

– КГА – компонент, реализующий генетический алгоритм.

– Скрипт – скрипт на языке PHP для обмена информацией между серверами.

– Загрузчик – компонент, загружающий из БД необходимую для работы генетического алгоритма информацию (профиль пользователя, списки модулей и компетенций и др.).

– ГА – программная реализация генетического алгоритма.

Архитектура реализована максимально независимо от используемой СДО. Для интеграции решения в ту или иную платформу учебному заведению (сервер 1) необходимо лишь реализовать плагин адаптивного обучения, а на стороне сервера 2 – новый загрузчик ГА (если меняется структура БД). После переноса всего инструментария в облако все указанные модификации будут выполняться на стороне облачного сервера.

Клиентское приложение, с которым работает студент, представлено на рис. 3 и 4.

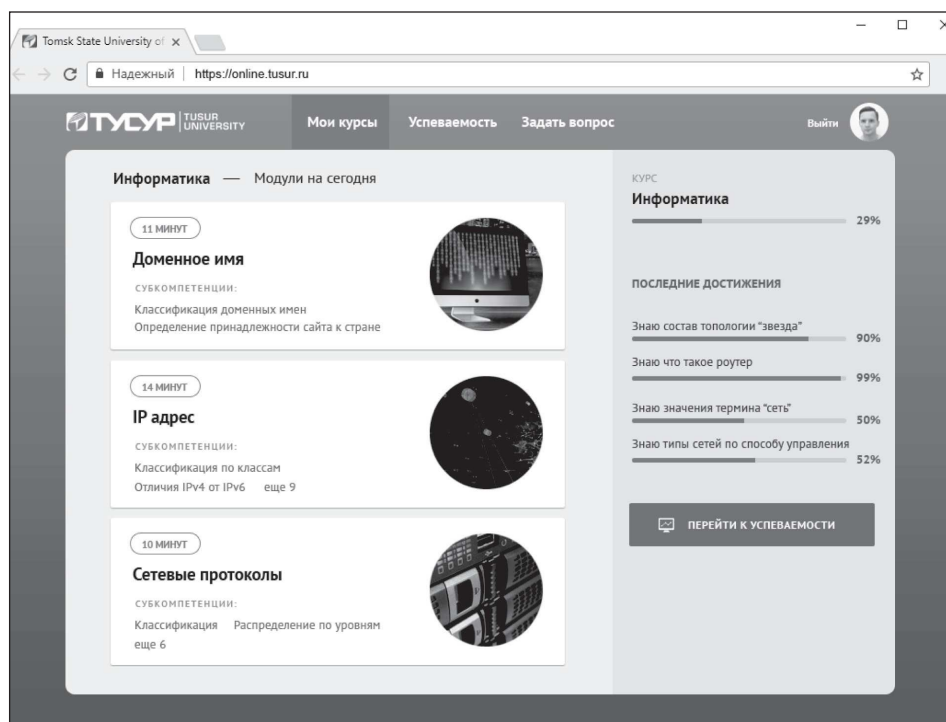


Рис. 3. Прототип стартового экрана приложения с адаптивным курсом

На стартовом экране (см. рис. 3) студенту предлагаются к освоению несколько модулей, количество которых зависит от того, являются ли они в текущий момент зависимыми друг от друга. В данном случае, как представлено на рис. 3, студент может выбрать один из трех предлагаемых. Однако возможны случаи, когда алгоритм предложит начать (или продолжить) обучение с конкретного модуля без предоставления альтернатив. Модули на этом экране также сопровождаются информацией – количеством времени, отведенным на освоение материала, и перечнем субкомпетенций, которые будут приобретены. В правой части экрана студент может отслеживать прогресс обучения по всему курсу и ознакомиться с информацией о своих последних достижениях.

Перейдя в модуль (см. рис. 4), студент работает с учебным контентом. Это может быть видеолекция, текстовая лекция или виртуальный практикум. Также студенту доступна информация (справа) о том, какие субкомпетенции необходимы, чтобы работать с текущим модулем, с указанием уровней, которые были зафиксированы в прошлом.

В интерфейсе приложения студенту намеренно не предлагаются варианты навигации по курсу, кроме одной кнопки, которая позволяет перейти к следующему экрану. Основано это на том, что адаптивный алгоритм предъявляет студенту следующим такой модуль, который с точки зрения вычислений максимально отвечает задаче обучения и нацелен на эффективный результат.

По завершении работы с модулем студенту предлагается пройти тестирование, результаты которого определяют значения осваиваемых на текущем этапе субкомпетенций. Таким образом, по мере того как студент изучает курс, система фиксирует значения уровней субкомпетенций и вычисляет кривые забывания. Если значения по тем или иным субкомпетенциям опускаются ниже требуемого минимума, то система произведет промежуточное тестирование с целью подтверждения предположения об утере знаний. При положительном результате соответствующие модули включаются в траекторию обучения и в определенный момент система предъявит студенту модули для повторения. При отрицательном результате система произведет корректировку функций забывания для рассматриваемых субкомпетенций.

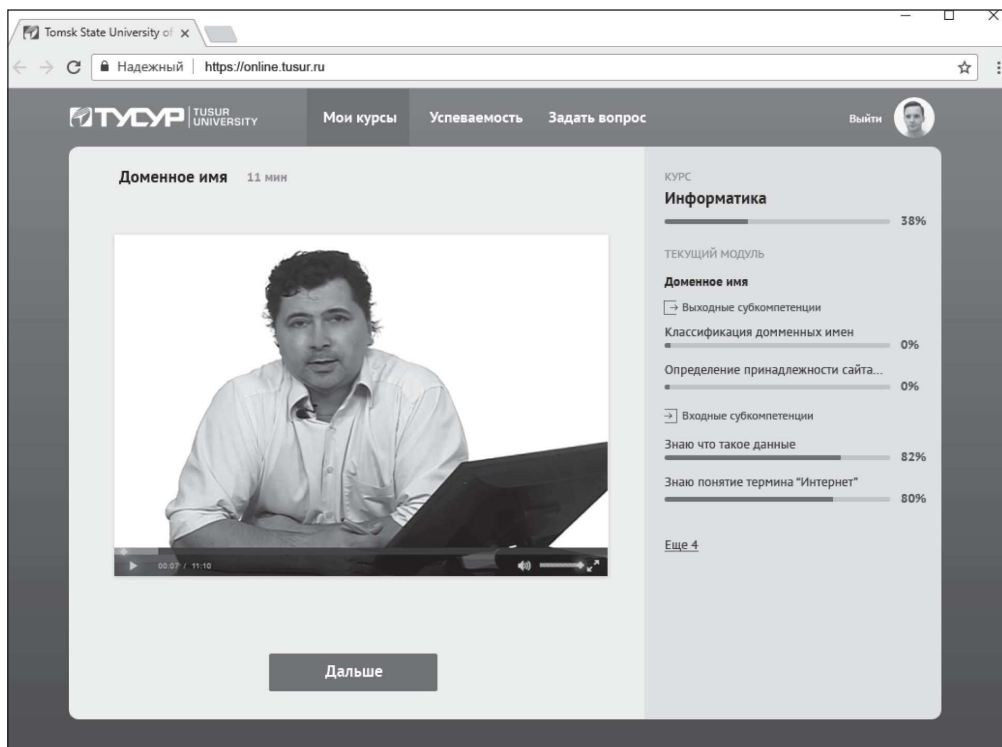


Рис. 4. Прототип экрана адаптивного курса на этапе работы студента с модулем

Заключение

Исследования программной реализации адаптивной системы показали, что время работы алгоритма зависит от общего количества модулей и компетенций, имеющихся в курсе, а также от степени вариативности модулей. От общего количества модулей и компетенций в БД, а также общего количества студентов зависимости нет. Проседание производительности сервера ГА может наблюдаться только в том случае, если к нему поступит одновременно множество запросов от разных клиентов. Это означает, что с ростом числа обучаемых требования к вычислительным ресурсам вуза существенно возрастают и без глубокой модернизации компьютерной сети внедрение данной технологии затруднено.

В целом развитие систем электронного обучения в ближайшем будущем основано на внедрении адаптивных технологий обучения, основанных на методах обработки больших данных и искусственного интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кручинин В.В. Разработка компьютерных учебных программ / В.В. Кручинин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1998. – 211 с.
2. Компьютерный учебник «ТМЦДО. Математика 1» / С.И. Борисов, В.А. Томиленко, В.В. Кручинин, А.В. Долматов // Открытое образование. – 2004. – № 3. – С. 12–17.
3. Кречетов И.А. Моделирование и технология онтологического подхода при разработке образовательного контента / И.А. Кречетов, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2 (24), ч. 2. – С. 322–325.
4. Лигай Т.А. Модель обучаемого как основа в разработке адаптивного образовательного контента / Т.А. Лигай, И.А. Кречетов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2013» (Томск, 15–17 мая 2013 г.). – Томск : В-Спектр, 2013. – Ч. 2. – С. 318–321.
5. Кречетов И.А. Алгоритм генерации последовательности образовательных модулей в технологии получения адаптивного образовательного контента / И.А. Кречетов // Материалы докладов Второго Международного Поспеловского симпозиума «Гибридные и синергетические интеллектуальные системы» (ГИСИС, 2014 г., г. Светлогорск). – Светлогорск, 2014. – С. 200–206.
6. Кречетов И.А. Аспекты организации адаптивного электронного обучения в вузе / И.А. Кречетов, О.Ю. Исакова, А.В. Городович // Современное образование: практико-ориентированные технологии подготовки инженерных кадров: матер. междунар. науч.-метод. конф. – Томск, 2015. – С. 160–161.
7. Кречетов И.А. Принципы реализации технологии адаптивного обучения / И.А. Кречетов, С.А. Семенов // Современное образование: проблемы взаимосвязи образовательных и профессиональных стандартов : матер. междунар. науч.-метод. конф. – Томск, 2016. – С. 117–118.
8. Кречетов И.А. Об одном алгоритме адаптивного обучения на основе кривой забывания / И.А. Кречетов, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУРа. – 2017. – № 1. – С. 75–80.
9. Кречетов И.А. Технология создания онлайн-курса с элементами адаптивного обучения / И.А. Кречетов // Материалы международной конференции eLearning Stakeholders and Researchers Summit 2017 (Москва, 10–11 октября 2017 г.). – М.: ИД Высшей школы экономики, 2017. – С. 14–21.
10. Кречетов И.А. Реализация и внедрение технологии адаптивного обучения в университете / И.А. Кречетов, В.В. Романенко // Современное образование: повышение профессиональной компетентности преподавателей вуза – гарантия обеспечения качества образования : матер. междунар. науч.-метод. конф. – Томск, 2018. – С. 191–192.
11. Knewton, Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.knewton.com> (дата обращения: 08.05.2018).
12. Cerego [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cerego.com> (дата обращения: 08.05.2018).
13. Mc Graw Hill Education [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mheducation.com/> (дата обращения: 08.06.2018).
14. CogBooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cogbooks.com/> (дата обращения: 08.06.2018).
15. Stepik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stepik.org/> (дата обращения: 08.06.2018).
16. FreeMind [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page (дата обращения: 08.06.2018).

Krechetov I.A., Romanenko V.V.,
Krushinin V.V., Gorodovich A.V.
Tomsk State University of Control Systems
and Radioelectronics, Tomsk, Russia
**IMPLEMENTATION OF ADAPTIVE
LEARNING: METHODS AND
TECHNOLOGIES**

Keywords: adaptive learning, e-learning,
learning management system.

The research activities in the field of adaptive learning have began in the late 1990s [1, 2. p. 12] in TUSUR Laboratory of Instrumental Modelling and Learning Systems (LIMLS). However, its results were not widely implemented in the educational process due to the insufficient development of e-learning technologies. Further development of the ideas for adaptive learning in TUSUR was outlined in 2011 in the paper [3. 322]. Since then, the LIMLS continues the research of adaptive learning, resulting in a number of publications [4-10]. In this article, authors describe the approaches used in TUSUR for the implementation of the electronic adaptive course in the Computer Science discipline.

The existing services of adaptive learning ([11-15], etc.) have not received a noticeable spread in the

Russian market for various reasons. In general, it can be stated that in terms of university education, there are no such technical solutions that would allow integrating into the information and technical infrastructure of the university and implement adaptive learning along with the traditional one.

The aim of TUSUR is to create a platform that will allow Russian universities to create and implement adaptive e-learning courses. One of the tasks within this line of development is the creation and testing of an adaptive course for the Computer Science discipline according to the proposed in [7, P. 117] methods and approaches.

Practical implementation is represented by two basic stages.

I. Methodical design and development of content

The decomposition of general professional competence was conducted in the FreeMind program [16]. It resulted in a tree of 222 sub-competences. Modules have been designed to provide for these sub-competences. The result was formalized in text documents.

II. Software implementation of the algorithm and add-ons for the distance learning system

The article presents the results of the program implementation of the adaptive learning algorithm and presents examples of the client application: the start screen offers students to choose from certain modules, clicking on which proceeds to the training content (video or text). When the training is completed, students must pass a test. The system records the values of the sub-competence levels and calculates the forgetting curves in order to subsequently make decisions on the change of the learning path.

Conclusion

Studies of software implementation have shown that the time taken by the algorithm depends on the total number of modules and the number of sub-competences available in the course, as well as on the degree of variability of modules. The implemented system raises the requirements for the university computing resources, and without the profound modernization of the computer network, the introduction of this technology is hindered.

REFERENCES

1. *Kruchinin V.V. Razrabotka komp'yuternykh uchebnykh programm / V.V. Kruchinin. – Tomsk : Izd-vo TGU, 1998. – 211 s.*
2. *Komp'yuternyy uchebnyk «TMCDO. Matematika 1» / S.I. Borisov, V.A. Tomilenko, V.V. Kruchinin, A.V. Dolmatov // Otkrytoe obrazovanie. – 2004. – № 3. – S. 12–17.*
3. *Krechetov I.A. Modelirovanie i tehnologiya ontologicheskogo podhoda pri razrabotke obrazovatel'nogo kontenta / I.A. Krechetov, V.V. Kruchinin // Doklady TUSURa. – 2011. – № 2 (24), ch. 2. – S. 322–325.*
4. *Ligaj T.A. Model' obucheniya kak osnova v razrabotke adaptivnogo obrazovatel'nogo kontenta / T.A. Ligaj, I.A. Krechetov // Materialy Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Nauchnaya sessiya TUSUR-2013» (Tomsk, 15–17 maja 2013 g.). – Tomsk : V-Spekt, 2013. – Ch. 2. – S. 318–321.*
5. *Krechetov I.A. Algoritmy generatsii posledovatel'nosti obrazovatel'nykh modulej v tehnologii polucheniya adaptivnogo obrazovatel'nogo kontenta / I.A. Krechetov // Materialy dokladov Vtorogo Mezhdunarodnogo Pospelovskogo simpoziuma «Gibridnye i sinergeticheskie intellektual'nye sistemy» (GISIS, 2014 g., g. Svetlogorsk). – Svetlogorsk, 2014. – S. 200–206.*
6. *Krechetov I.A. Aspekty organizatsii adaptivnogo elektronnoho obucheniya v vuze / I.A. Krechetov, O.Ju. Isakova, A.V. Gorodovich // Sovremennoe obrazovanie: praktiko-orientirovannye tehnologii podgotovki inzhenernykh kadrov : mater. mezhdunar. nauch.-metod. konf. – Tomsk, 2015. – S. 160–161.*
7. *Krechetov I.A. Principy realizatsii tehnologii adaptivnogo obucheniya / I.A. Krechetov, S.A. Semenov // Sovremennoe obrazovanie: problemy vzaimosvjazi obrazovatel'nykh i professional'nykh standartov : mater. mezhdunar. nauch.-metod. konf. – Tomsk, 2016. – S. 117–118.*
8. *Krechetov I.A. Ob odnom algoritme adaptivnogo obucheniya na osnove krivoj zabyvaniya / I.A. Krechetov, V.V. Kruchinin // Doklady TUSURa. – 2017. – № 1. – S. 75–80.*
9. *Krechetov I.A. Tehnologiya sozdaniya onlajn-kursa s elementami adaptivnogo obucheniya / I.A. Krechetov // Materialy mezhdunarodnoj konferencii eLearning Stakeholders and Researchers Summit 2017 (Moskva, 10–11 oktjabrja 2017 g.). – M.: ID Vysshej shkoly jekonomiki, 2017. – S. 14–21.*
10. *Krechetov I.A. Realizatsiya i vnedrenie tehnologii adaptivnogo obucheniya v universitete / I.A. Krechetov, V.V. Romanenko // Sovremennoe obrazovanie: povyshenie professional'noj kompetentnosti prepodavatelej vuza – garantija obespecheniya kachestva obrazovaniya : mater. mezhdunar. nauch.-metod. konf. – Tomsk, 2018. – C. 191–192.*
11. *Knewton, Inc. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.knewton.com> (data obrashheniya: 08.05.2018).*
12. *Cerego [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.cerego.com> (data obrashheniya: 08.05.2018).*
13. *Mc Graw Hill Education [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.mheducation.com/> (data obrashheniya: 08.06.2018).*
14. *CogBooks [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.cogbooks.com/> (data obrashheniya: 08.06.2018).*
15. *Stepic [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://stepik.org/> (data obrashheniya: 08.06.2018).*
16. *FreeMind [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://freemind.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page (data obrashheniya: 08.06.2018).*