

УДК 004.75

DOI 10.25559/SITITO.2017.4.530

**Шухман А.Е., Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А.**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

**ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОДАРЕННЫХ УЧАЩИХСЯ В РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ****Аннотация**

*В статье описан проект автоматизированной адаптивной системы индивидуального сопровождения одаренных учащихся в региональной информационной образовательной среде, который планируется реализовать в Оренбургской области на платформе Оренбургского государственного университета. Предложена архитектура системы, описаны основные роли и функциональные возможности пользователей, а также механизмы вычисления абсолютного и относительного рейтингов учащихся.*

**Ключевые слова**

*Система управления обучением; индивидуальное сопровождение обучения; рейтинг учащихся.*

**Shukhman A.E., Polezhaev P.N., Ushakov Yu.A.**

Orenburg State University, Orenburg, Russia

**PROJECT OF AUTOMATED ADAPTIVE SYSTEM FOR INDIVIDUAL SUPPORT OF TALENTED STUDENTS IN THE REGIONAL INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT****Abstract**

*This paper describes the project of an automated adaptive system for individual support of talented students in the regional information and educational environment, which is planned to be implemented in the Orenburg region on the platform of the Orenburg State University. The architecture of the system is proposed, basic roles and functional capabilities of users are described, as well as mechanisms for calculating the absolute and relative ratings of students.*

**Keywords**

*Learning management system; individual training support; rating of students.*

**Введение**

Проект направлен на создание и автоматизированной адаптивной технологии индивидуального сопровождения одаренных учащихся в региональной информационной образовательной среде на основе сетевого взаимодействия учащихся, учителей, преподавателей вузов, авторов учебных курсов, организаторов олимпиад с использованием возможностей систем управления обучением (LMS, Learning Management System), использующих адаптивные алгоритмы для планирования и коррекции образовательных траекторий учащихся, ранжирования их по рейтингу в конкретной предметной области.

В настоящее время происходят глобальные

изменения в сфере образования, которые дают учащимся возможность активно участвовать в образовательном процессе с учетом их способностей, возможностей и потребностей. В современной информационной образовательной среде практически отсутствуют барьеры доступа к необходимой для самообучения и саморазвития школьников информации, но возникают серьезные проблемы отбора необходимой информации, рациональной организации образовательной деятельности, проектирования, сопровождения и корректировки индивидуальных образовательных траекторий учащихся. Активно развиваются концепции индивидуальных образовательных маршрутов и персональной образовательной среды учащихся,

однако существующие LMS пока не имеют возможностей для интеллектуализации процесса самообучения и самообразования одаренных детей, для адекватной и справедливой оценки их достижений.

Кроме того, отсутствуют технологии организации массовой работы с одаренными детьми в масштабах региона на основе взаимодействия учащихся, учителей, преподавателей вузов, авторов учебных курсов, организаторов олимпиад. Существующие методы организации очных и заочных занятий с одаренными детьми не допускают широкого масштабирования.

Интеллектуальное автоматизированное сопровождение образовательной деятельности одаренных детей дает возможность наиболее полного учета индивидуальных способностей учащихся, с одной стороны, обеспечивая им самостоятельный выбор и использование различных инструментов и средств ИКТ для получения знаний, формирования умений, приобретения опыта деятельности, с другой стороны, помогая грамотно планировать свою деятельность, гибко корректировать ее в зависимости от учебных достижений. Фактически интеллектуальная LMS позволит максимально автоматизировать тьюторский функционал педагога, который в эпоху массовых онлайн курсов и свободного доступа к любой необходимой информации приобретает важнейшее значение.

#### Состояние исследований в данной области

Теоретической основой для разработки интеллектуальных адаптивных алгоритмов индивидуального сопровождения одаренных школьников в региональной системе образования является концепция персональной образовательной среды [1]. В Российской Федерации данная концепция развивается в работах А.Н. Ксенофонтовой, С.Х. Васильченко, А.В. Слепухина [2-4] и др. Персональная образовательная среда рассматривается как технология, направленная на индивидуализацию обучения, создающая условия удовлетворения потребностей учащихся и их саморазвития, как дидактическая модель, ориентированная на персонализацию, сетевое взаимодействие и сотрудничество, а также как концепция конструирования своих учебных целей, управления обучением с возможностью организации своей образовательной траектории [5]. Персональная образовательная среда выступает платформой для реализации инновационных технологий обучения, таких как адаптивное обучение,

смешанное обучение, перевернутое обучение [6].

Выдвигается ряд принципов персональной образовательной среды, например, принцип стихийности обучения (получение знаний независимо от контроля и расписания), принцип адаптивности (использование данных о прежнем опыте обучения каждого учащегося каждого учащегося для планирования процесса обучения и отслеживания прогресса), принцип «невидимой» оценки на основе автоматического сбора данных о поведении учащихся. К сожалению, в системе образования сегодня реализуется только первый принцип, методы планирования и оценки, применяемые в современных LMS, не позволяют реализовать действительно важные второй и третий принципы.

Решением проблемы может стать использование в LMS различных методов машинного обучения. Так, задача получения количественных оценок компетенций ученика может быть решена с помощью методов обучения с учителем, без учителя, с частичным привлечением учителя, с подкреплением или многоуровневого обучения.

Обучение с учителем [7,8] предполагает наличие прецедентов обучения совокупности пар «объект-отклик» (характеристический вектор ученика – оценка). Если оценки образуют дискретное конечное множество, то каждому значению оценки может быть поставлен в соответствии некоторый класс объектов (учеников, имеющих данную оценку). Тогда задача получения количественных оценок ученика сводится к задаче классификации, которая может быть решена с помощью метода  $n$ -ближайших соседей, опорных векторов, логистической регрессии. Если оценки образуют непрерывное пространство, то для их аппроксимации могут быть использованы нейронные сети, например, многослойный перцептрон, на вход которого подается характеристический вектор ученика. Также они могут быть использованы для решения задачи классификации, в этом случае количество выходов нейронной сети соответствует числу классов, в качестве результирующего принимается тот класс, у которого выход максимальный и больше заданного порога.

Обучение без учителя предполагает отсутствие оценок учителя. В этом случае требуется сгруппировать учеников в группы в соответствии с их характеристическими векторами. Это задача кластеризации [9]. Для ее решения может быть использован метод К-средних, эвристические графовые алгоритмы, FOREL, агломеративная процедура Ланса-Вильямса.

Обучение с частичным привлечением учителя предполагает, что для части выборки известны отклики, соответствующие объектам, а для другой части – неизвестны. Для ее решения могут быть использованы модифицированные методы классификации [10]: самообучение (Self-Training, ST или bootstrapping) [11]; ко-обучение (cotraining); трансдуктивная машина опорных векторов (transductive SVM); графовые (graphbased) методы. А также модифицированные методы кластеризации: графовые методы кластеризации, иерархическая кластеризация Ланс-Уильямс, метод k-средних.

Обучение с подкреплением [12] предполагает использование функции поощрения (вознаграждение, которое получает агент в конкретном акте обучения) и функции ценности (общая сумма вознаграждений, которые агент планирует получить в будущем). Целью агента (обучаемой системы) является максимизация функции ценности.

Многоуровневое обучение [10] предполагает объединение рассматриваемых компетенций в группы, на основе которых формируется результирующая оценка качества обучения. Решается с помощью обычных методов обучения, выполняемых снизу-вверх, сначала для компетенций внутри группы определяется показатель подгруппы, потом для подгрупп определяется показатель группы и т.д., пока не будет получена результирующая оценка для всей иерархии.

В качестве дополнительного источника информации для построения характеристического вектора ученика могут служить социальные сети [13]. Из них извлекается вся текстовая информация, связанная с учеником. Затем она подвергается семантическому анализу с помощью алгоритмов, основанных на правилах, использующих заранее составленные словари, которые описывают варианты применения лексических единиц в тексте [14]. Для формирования словарей используются онтологии учебных предметов, формализуемых в виде семантических сетей.

Для оценки компетенций могут применяться также нечеткие системы [15-17]. Отметим, что рассмотренные методы применялись для оценки компетенций в системе профессионального образования, их нужно адаптировать к задаче сопровождения одаренных учащихся.

Важной особенностью процесса самообучения является использование индивидуальных образовательных траекторий. В наших работах [18-23] рассмотрена задача

формирования индивидуальных образовательных траекторий студентов в региональной системе профессионального образования. Разработана модель образовательного процесса в виде маркированной сети Петри, получены необходимые и достаточные условия достижимости заданного результата образования в построенной сети, формализована задача построения оптимальной образовательной траектории в рассматриваемой сети Петри, рассмотрены алгоритмы формирования оптимальных индивидуальных образовательных траекторий на основе интеллектуальных методов. Полученные результаты могут быть адаптированы для решения задач оптимального проектирования и коррекции индивидуальных образовательных траекторий учащихся в региональной информационно-образовательной среде.

Таким образом, анализ источников по теме исследования показывает, что современные системы управления обучением, используемые для индивидуального сопровождения одаренных детей не поддерживают интеллектуальные адаптивные методы. В тоже время существует богатый опыт их эффективного применения в системе профессионального образования.

### Проект автоматизированной системы индивидуального сопровождения одаренных учащихся

Основные роли пользователей и их основные функции приведены на рисунке 1.



Рис. 1. Роли пользователей и их основные функции

Все пользователи подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся могут быть сгруппированы по следующим ролям:

а) Учащийся – одаренный школьник, имеющий доступ к учебно-методическим материалам, расписанию курсов, олимпиад, событий, своему относительному рейтингу и т.п. Он может вносить личную информацию и свои достижения. Также вместе со своим тьютором он может проектировать и корректировать индивидуальную образовательную траекторию.

б) Тьютор – школьный учитель, который является непосредственным руководителем одаренного учащегося. Он может делать все, что и учащийся, он также организует взаимодействие с преподавателями курсов, организаторами событий, куратором

предметной области. Основная задача тьютора – отслеживание прогресса учащегося и полуавтоматическая корректировка его индивидуальной траектории на основе предложений информационной системы.

в) Преподаватель/организатор – отвечает за проведение (возможно даже за организацию) мероприятия (олимпиады, конкурса, конференции) или является ответственным за учебный курс и проводит консультации по графику.

г) Куратор предметной области – формирует план мероприятий за некоторый период времени, создает учебные курсы, добавляет преподавателей и организаторов.

Архитектура подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся представлена на рисунке 2.

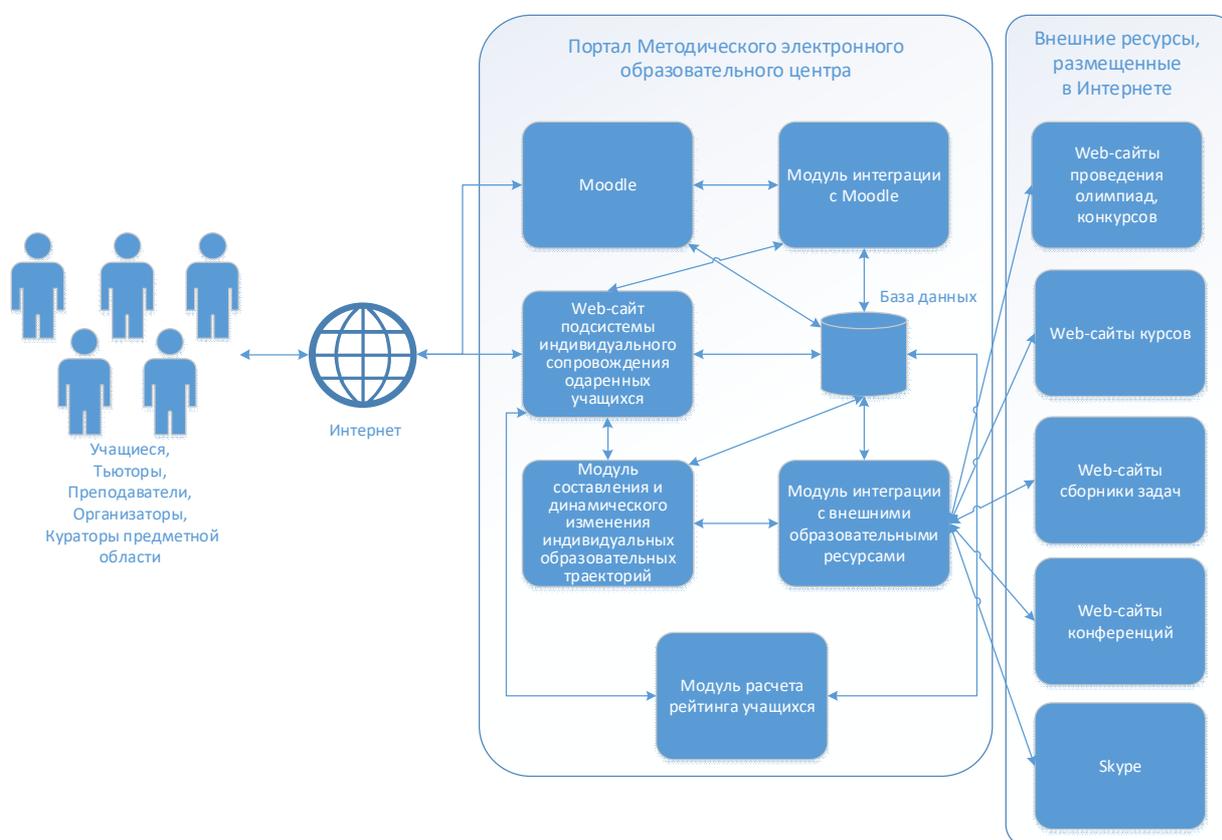


Рис. 2. Архитектура подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся

Все вышеупомянутые пользователи подсистемы получают доступ к ней через Web-интерфейс по сети Интернет с помощью браузера.

Все создаваемые модули системы будут размещены на портале Методического электронного образовательного центра. Они включают себя:

а) Web-сайт подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся – он

является точкой доступа пользователей. Здесь содержатся основные функции информационной системы, распределенные по компонентам (см. рисунок 3): профили одаренных учащихся (достижения и рейтинги), курсы, расписание, мероприятия, интерактивное сетевое взаимодействие пользователей (иерархия пользователей и коммуникационные сервисы общения).

б) Moodle – система управления обучением

(Learning Management System) с открытым исходным кодом. Используется для размещения материалов курсов и контроля процесса их прохождения учащимися.

в) Модуль интеграции с Moodle – позволяет синхронизировать информацию по курсам, учащимся и результатам обучения с другими компонентами информационной системы.

г) Модуль составления и динамического изменения индивидуальных образовательных траекторий – отвечает за первоначальное составление индивидуальной образовательной траектории по первоначальным достижениям учащегося и его пожеланиям, а также за ее корректировку в процессе обучения при выявлении пробелов в знаниях и практических навыках. Данный модуль работает в полуавтоматическом режиме, предложенные им варианты образовательных траекторий и их изменений подтверждают и, при необходимости, корректируются тьюторами.



Рис. 3. Компоненты Web-сайта подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся

д) Модуль расчета рейтинга учащихся – отвечает за непрерывную корректировку рейтинга учащихся с учетом появления новых достижений, результатов выполнения учебных заданий, изменение весовых коэффициентов мероприятий.

е) Модуль интеграции с внешними образовательными ресурсами – предназначен для синхронизации информации с внешними обучающими сервисами, включая Web-сайты олимпиад, конкурсов, курсов, сборников задач, конференций, а также за соединение с внешними коммуникационными сервисами, такими как Skype.

ж) База данных – содержит информацию, необходимую для функционирования остальных модулей информационной системы.

Все вышеупомянутые модули подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся будут реализованы с помощью методов объектно-ориентированного программирования, паттернов проектирования

и программирования в соответствии с созданным проектом.

В качестве основного языка программирования для всех модулей за исключением модуля интеграции с Moodle, планируется использовать Python. Для модуля интеграции с Moodle – PHP.

Основной платформой для разработки Web-сайта подсистемы индивидуального сопровождения одаренных учащихся может быть выбрана система Django, включающая встроенные функции для создания ORM баз данных, обработки запросов, описания шаблонов Web-страниц, авторизации, фильтрации, кеширования и пр. Для создания остальных модулей планируется использовать систему асинхронного выполнения заданий Celery, основанную на RabbitMQ.

Поскольку в основе технологии лежит интеграция множества разнородных систем между собой и интерпретация различных видов контента, необходимо предусмотреть гетерогенную среду выполнения, толерантную ко всем используемым компонентам. В основе автоматизации системы и изоляции компонентов предлагается использовать проверенный способ виртуализации – контейнеры. В Linux и Windows Server 2016 единственной общей средой контейнеризации является docker, для автоматического управления которым предлагается использовать систему управления Rancher. Она позволяет автоматизировать процессы, связанные с развертыванием конкретных сервисов по известным шаблонам и масштабировать их при условии правильной настройки.

Каждый сервис (например, фреймворк курсов Moodle) состоит из веб-сервера, интерпретатора языка, СУБД и системного окружения, и утилит. Каждый компонент требует особой настройки и зачастую разные модули конфликтуют друг с другом у разных сервисов. Поэтому каждый компонент будет запускаться в своем контейнере, связанном только с нужными другими контейнерами и сетевыми ресурсами. Для более тесной интеграции контейнеры будут использовать общее файловое пространство NFS набора серверов Rancher.

Для обеспечения отказоустойчивости системы будут использованы технологии горячего резервирования и автоматического масштабирования docker, а также распределенное отказоустойчивое хранилище на базе дисковых массивов и системы кластеризации GlusterFS, совмещенной с NFS. В результате будет обеспечена высокая

надежность вместе с простой и дешевой реализацией технологии.

Процесс развертывания системы будет представлять собой установку базовых модулей Docker и Rancher на каждый сервер, настройку запуска контейнеров по запросу или по расписанию, настройку единой файловой системы и кластера базы данных.

Масштабирование системы будет происходить горизонтально (на сервисах, которые это поддерживают, например, веб-серверы) по шаблонам нагрузки и расписанию крупных мероприятий. Все компоненты системы должны изначально быть настроены с возможностью масштабирования.

Основным результатом в предлагаемом подходе будет являться создание виртуального пространства, в котором сформированное по особым принципам сетевое сообщество получает возможность и стимулы для совместного обучения, обсуждения актуальных проблем предметной области, наработки и демонстрации достижений. Разработанная Интернет-среда будет способствовать агрегации тематических конкурсов, олимпиад и т.д. Таким образом, особую часть предлагаемой технологии займет база знаний, поддерживающая учебную, информационно-консультативную и методическую работу по выбранным направлениям.

Апробацию планируется провести на основе курса «Университетская компьютерная школа» для обучения информатике, а также занятий по подготовке к олимпиадам по информатике. Будут выполнены обобщение и оценка полученных результатов, разработаны рекомендации по использованию результатов исследования в Оренбургской области.

### Ранжирование школьников по рейтингу

Необходимо создание моделей и алгоритмов объективного ранжирования школьников по рейтингу для решения различных задач отбора учащихся, а также стимулирования их образовательной деятельности. При этом значимая разница в рейтингах должна отражать реальную разницу в уровне сформированности компетенций, учебные достижения должны приводить к росту рейтинга, однако методы ранжирования должны противостоять различным способам накрутки, нарушающим объективность рейтинговой оценки.

Рейтинг каждого учащегося может быть выражен в абсолютных и относительных значениях с учетом:

- результатов участия одаренного учащегося в различных олимпиадах,

конкурсах, конференциях и др. мероприятиях;

- текущих результатов прохождения учебных курсов.

Абсолютный рейтинг необходим для определения места учащегося на различных уровнях: в рамках предметной области, ее направления, конкретного курса или его темы, конкретного типа практических заданий, олимпиады и т.п. Абсолютный рейтинг может быть использован тьютором для оценки текущего уровня прогресса подконтрольного учащегося, а также куратором предметной области с целью получения объективной картины образовательного процесса, при необходимости его корректировки, а также для выявления учащихся, которые могут получить стимулирующую поддержку, например, в виде стипендии. Абсолютные величины рейтинга доступны также самому учащемуся, но только на уровне конкретных мероприятий (олимпиад, конкурсов, конференций) и заданий курсов. Агрегированные значения рейтинга делаются недоступными для учащегося, т.к. их знание, особенно при низком начальном рейтинге, может привести к антимотивации.

Абсолютный рейтинг также необходим для составления и непрерывной корректировки индивидуальной образовательной траектории учащегося. В частности, он используется для определения пробелов в знаниях, практических навыках и их устранения путем повторения пройденного материала, выполнения дополнительных практических заданий или прохождения других курсов.

Относительный рейтинг вычисляется в процентах на уровне предметной области, ее направления, конкретного курса или темы, типа заданий, он нужен для того чтобы увидеть прогресс учащегося относительно некоторого базового уровня, например, начала учебного года, начала прохождения курса и т.п. Относительный рейтинг является средством самомотивации учащегося.

Разрабатываемая модель и методы объективного ранжирования имеют следующие достоинства:

- объективная оценка достижений учащихся с минимизацией субъективного фактора;
- учет всех видов деятельности учащегося в рамках предметной области;
- динамический пересчет рейтингов при появлении новых результатов учащегося;
- автоматическая настройка с учетом рейтинга конкретных курсов и

- мероприятий;
- защита от «накруток» отдельными учащимися, тьюторами, преподавателями и организаторами.

### Заключение

В статье описан проект автоматизированной адаптивной системы индивидуального сопровождения одаренных учащихся в региональной информационной образовательной среде, который планируется реализовать в Оренбургской области на платформе Оренбургского государственного

университета.

Предложена архитектура системы, описаны основные роли и функциональные возможности пользователей, а также механизмы вычисления абсолютного и относительного рейтингов учащихся.

### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Оренбургской области и РФФИ (проекты №17-47-560046, №16-07-01004 и №15-07-06071), Президента Российской Федерации в рамках стипендии для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).

### Литература

1. Wilson S., Liber O., Johnson M., Beauvoir P., Sharpies P., Milligan C. Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems URL: [http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/727/1/sw\\_ectel.pdf](http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/727/1/sw_ectel.pdf).
2. Ксенофонтова А.Н., Леденева А.В. Концепция проектирования персональной образовательной среды // Вестник Оренбургского государственного университета 2016 № 8 (196), с. 27-32.
3. Васильченко С. Х. Формирование персональной образовательной среды на основе информационных технологий для реализации индивидуальных траекторий обучения (на примере корпоративного обучения) : автореф. дис...канд. пед. наук. М., 2012.
4. Слепухин А.В. Использование персональной образовательной среды в процессе индивидуализации смешанного обучения студентов // Педагогическое образование в России. 2014. №11. С.195-205
5. Martin, M. Supporting Personal Learning Environments: A Definition of a PLE [Electronic resource] / M. Martin. – URL: <http://michelemartin.typepad.com/thebambooprojectblog/2007/08/supporting-pe-1.html>.
6. Ксенофонтова А. Н., Бебешко Л. О. Инновационные модели обучения в персональной образовательной среде // Высшее образование сегодня. – 2016. – №. 11. – С. 30-32.
7. Донской В.И. Алгоритмические модели обучения классификации: обоснование, сравнение, выбор. Симферополь: ДИАИПИ, 2014. 228 с.
8. Scikit-learn. Machine Learning in Python: website. – URL: <http://scikitlearn.org/stable/> (дата обращения 01.10.2017)..
9. Воронцов К.В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования.2007 // ВЦ РАН: сайт. Режим доступа: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf> (дата обращения 01.10.2017).
10. Гаврилина Е. А., Захаров М. А., Карпенко А. П. Количественная оценка метакомпетенций учащихся на основе методов машинного обучения // Наука и образование: научное издание МГТУ им. НЭ Баумана. – 2015. – №. 4.
11. Zhu Xhu. Semi-Supervised Learning Literature Survey. Computer Sciences TR 1530. University of Wisconsin - Madison, 2008. 60 p.
12. Саттон Р.С., Барто Э.Г. Обучение с подкреплением: пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 399 с. (Сер. Адаптивные и интеллектуальные системы).
13. Захаров М., Карпенко А., Смирнова Е. Оценка компетентностей студентов на основе анализа социальных сетей // Открытые системы. СУБД, 2016. – №1.
14. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Путятин В. Г. Построение терминологической сети предметной области // Регистрация, хранение и обработка данных. — 2014. — № 2. — С. 114–121.
15. Большаков А. А., Вешнева И. В., Мельников Л. А., Перова Л. Г. Применение теории нечетких множеств к задачам оценки и управления формированием компетенций: описание проблемы и подход к ее разрешению // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №2 С.174-181.
16. Астанин С.В., Грицанов А.А., Жуковская Н.К. Автоматизированная система оценки знаний на основе нечеткой логики//Телекоммуникации и информатизация образования, 2002. №4.– С.57-67.
17. Брусиловский П.Л. Адаптивные интеллектуальные технологии в сетевом обучении // Новости искусственного интеллекта. 2002. № 5. С. 25-31.
18. Shukhman A. E., Belonovskaya I.D. Work in progress: Approach to modeling and optimizing the content of IT education programs // Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2015, pp.865-867, doi: 10.1109/EDUCON.2015.70960741
19. Shukhman A., Motyleva M., Belonovskaya I. Individual learning path constructing in multilevel regional educational system// International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2013, 10-12 Oct. 2013, pp.1-4, doi: 10.1109/ITHET.2013.6671057
20. Shukhman A.E., Motyleva M.V., Belonovskaya I.D. Individual learning path modeling on the basis of generalized competencies system // Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 13-15 March 2013, Berlin, pp. 1023-1026. DOI: 10.1109/EduCon.2013.6530233
21. Шухман А.Е. Подходы к моделированию, проектированию и реализации образовательных программ непрерывной подготовки ИТ-специалистов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 522.
22. Шухман А.Е. Подходы к моделированию и оптимизации содержания образовательных программ в сфере информационных технологий // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2014. С. 1647-1650.
23. Шухман А.Е., Мотылева М.В., Горелик А.А. Моделирование индивидуальных образовательных траекторий с помощью сетей Петри // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции, 30 января – 1 февраля 2013г. / Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. - С. 1300-1305.

## References

1. Wilson S., Liber O., Johnson M., Beauvoir P., Sharpies P., Milligan C. Personal Learning Environments: Challenging the dominant design of educational systems URL: [http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/727/1/sw\\_ectel.pdf](http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/727/1/sw_ectel.pdf).
2. Ksenofontova A.N., Ledeneva A.V. Konceptcija proektirovanija personal'noj obrazovatel'noj sredy // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta 2016 № 8 (196), c. 27-32.
3. Vasil'chenko S. X. Formirovanie personal'noj obrazovatel'noj sredy na osnove informacionnyh tehnologij dlja realizacii individual'nyh traektorij obuchenija (na primere korporativnogo obuchenija): avtoref. dis...kand. ped. nauk. M., 2012.
4. Slepuhin A.V. Ispol'zovanie personal'noj obrazovatel'noj sredy v processe individualizacii smeshannogo obuchenija studentov // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. 2014. №11. S.195-205
5. Martin, M. Supporting Personal Learning Environments: A Definition of a PLE [Electronic resource] / M. Martin. – URL: <http://michelemartin.typepad.com/thebambooprojectblog/2007/08/supporting-pe-1.html>.
6. Ksenofontova A. N., Bebesko L. O. Innovacionnye modeli obuchenija v personal'noj obrazovatel'noj srede //Vyshee obrazovanie segodnja. – 2016. – №. 11. – S. 30-32.
7. Donskoj V.I. Algoritmicheskie modeli obuchenija klassifikacii: obosnovanie, sravnenie, vybor. Simferopol': DIAJPI, 2014. 228 s.
8. Scikit-learn. Machine Learning in Python: website. – URL: <http://scikitlearn.org/stable/> (access date 01.10.2017).
9. Voroncov K.V. Lekcii po algoritmam klasterizacii i mnogomernogo shkalirovanija.2007 // VC RAN: sajt. Rezhim dostupa: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf> (access date 01.10.2017).
10. Gavrilina E. A., Zaharov M. A., Karpenko A. P. Kolichestvennaja ocenka metakompetencij uchashhhsja na osnove metodov mashinnogo obuchenija //Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. Nje Baumana. – 2015. – №. 4.
11. Zhu Xhu. Semi-Supervised Learning Literature Survey. Computer Sciences TR 1530. University of Wisconsin - Madison, 2008. 60 p.
12. Sattou R.S., Barto Je.G. Obuchenie s podkrepleniem: per. s angl. M.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2012. 399 s. (Ser. Adaptivnye i intellektual'nye sistemy).
13. Zaharov M., Karpenko A., Smirnova E. Ocenka kompetentnostej studentov na osnove analiza social'nyh setej // Otkrytye sistemy. SUBD, 2016. – №1.
14. Landje D. V., Snarskij A. A., Putjatin V. G. Postroenie terminologicheskoy seti predmetnoj oblasti // Registracija, hranenie i obrabotka dannyh. — 2014. — № 2. — S. 114–121.
15. Bol'shakov A. A., Veshneva I. V., Mel'nikov L. A., Perova L. G. Primenenie teorii nechetkih mnozhestv k zadacham ocenki i upravlenija formirovaniem kompetencij: opisanie problemy i podhod k ee razresheniju // Vestnik AGTU. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika. 2012. №2 S.174-181.
16. Astanin S.V., Gricanov A.A., Zhukovskaja N.K. Avtomatizirovannaja sistema ocenki znaniy na osnove nechetkoj logiki//Telekommunikacii i informatizacija obrazovanija, 2002. №4.– S.57-67.
17. Brusilovskij P.L. Adaptivnye intellektual'nye tehnologii v setevom obuchenii // Novosti iskusstvennogo intellekta. 2002. № 5. S. 25-31.
18. Shukhman A. E., Belonovskaya I.D. Work in progress: Approach to modeling and optimizing the content of IT education programs // Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2015, pp.865-867, doi: 10.1109/EDUCON.2015.70960741
19. Shukhman A., Motyleva M., Belonovskaya I. Individual learning path constructing in multilevel regional educational system// International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), 2013 , 10-12 Oct. 2013, pp.1-4, doi: 10.1109/ITHET.2013.6671057
20. Shukhman A.E., Motyleva M.V., Belonovskaya I.D. Individual learning path modeling on the basis of generalized competencies system // Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 13-15 March 2013, Berlin, pp. 1023-1026. DOI: 10.1109/EduCon.2013.6530233
21. Shuhman A.E. Podhody k modelirovaniju, proektirovaniju i realizacii obrazovatel'nyh programm nepreryvnoj podgotovki IT-specialistov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2015. № 3. S. 522.
22. Shuhman A.E. Podhody k modelirovaniju i optimizacii sodержanija obrazovatel'nyh programm v sfere informacionnyh tehnologij // Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovanija, nauki i kul'tury. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii. 2014. S. 1647-1650.
23. Shuhman A.E., Motyleva M.V., Gorelik A.A. Modelirovanie individual'nyh obrazovatel'nyh traektorij s pomoshh'ju setej Petri // Universitetskij kompleks kak regional'nyj centr obrazovanija, nauki i kul'tury: materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii, 30 janvarja – 1 fevralja 2013g. / Orenburgskij gos. un-t. — Orenburg: OOO IPK «Universitet», 2013. - С. 1300-1305.

Поступила: 01.10.2017

## Об авторах:

**Шухман Александр Евгеньевич**, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедры геометрии и компьютерных наук, Оренбургский государственный университет, [shukhman@gmail.com](mailto:shukhman@gmail.com)

**Полежаев Петр Николаевич**, преподаватель кафедры компьютерной безопасности и математического обеспечения информационных систем, Оренбургский государственный университет, [newblackpit@mail.ru](mailto:newblackpit@mail.ru)

**Ушаков Юрий Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры геометрии и компьютерных наук, Оренбургский государственный университет, [unpk@mail.ru](mailto:unpk@mail.ru)

## Note on the authors:

**Shukhman Aleksandr E.**, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geometry and Computer Science, Orenburg State University, [shukhman@gmail.com](mailto:shukhman@gmail.com)

**Polezhaev Petr N.**, Lecturer at the Department of Computer Security and Mathematical Maintenance of Information Systems, Orenburg State University, [newblackpit@mail.ru](mailto:newblackpit@mail.ru)

**Ushakov Yury A.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Geometry and Computer Science, Orenburg State University, [unpk@mail.ru](mailto:unpk@mail.ru)