

DOI 10.31483/r-33109

**Бова Виктория Викторовна**  
**Истратова Оксана Николаевна**  
**Кравченко Юрий Алексеевич**  
**Курейчик Виктор Михайлович**  
**Лызь Наталья Александровна**  
**Родзин Сергей Иванович**

## **SMART EDUCATION: КОНТЕКСТНО ЗАВИСИМАЯ СИСТЕМА-АССИСТЕНТ**

***Аннотация:** разработки в области smart education – тренд в мировом образовательном пространстве. Умное образование является результатом эволюции применения в образовании информационно-коммуникационных технологий (первые персональные компьютеры), e-learning (персональные компьютеры для работы в Интернет), m-learning (ноутбуки) и u-learning (смартфоны). Основные элементы для поддержки умного образования: мобильный компьютеринг, умные электронные учебники и облачные вычисления. В статье представлена модель, архитектура и сценарий контекстно зависимой системы-ассистента для умного образования, способной анализировать индивидуальные характеристики обучающегося, окружающей среды, адаптировать свою работу при изменении условий. Новизна подхода заключается в формализации модели контекста таким образом, чтобы контекстно зависимая система-ассистент «вычисляла на лету» конкретный сценарий с учетом индивидуальных особенностей пользователей и текущей учебной ситуации. При построении системы управления контентом предлагается использовать модель на основе биологически правдоподобных автоматов. Контекстно зависимая умная система должна уметь персонализировать наилучший стиль обучения, помогать выбрать оптимальную образовательную траекторию. С этой целью используется аппарат байесовских сетей и биологически правдоподобных методов. Перспективными разработками, направленными на расширение исследовательской базы умного*

образования, являются создание адаптивных систем, поддерживающих индивидуальный подход в обучении, систем управления контентом, предусматривающих возможность контекстного использования хранилищ образовательных ресурсов и обеспечивающих мобильность и глубокую персонализацию образовательных услуг. В России к настоящему времени сложились необходимые предпосылки для успешной реализации системы *smart education*: направленностью в обучении становятся учебные, социальные, гражданские, профессиональные компетенции; изменяются формы и методы на индивидуализацию образовательной траектории, ориентацию на открытые мировые интеллектуальные ресурсы; смещается акцент на самоконтроль и самооценку обучающихся, на оценку качества образования работодателями, профессиональными сообществами.

**Ключевые слова:** умное образование, контекстно зависящая система, управление контентом, вероятностный автомат, сценарий обучения, байесовская сеть, эволюционный алгоритм.

**Abstract:** *developments in the field of smart education – trend in the world educational space. Smart education is the result of the evolution of the application of information and communication technologies (the first personal computers), e-learning (personal computers for working in the Internet), m-learning (laptops) and u-learning (smartphones) in education. Key elements to support smart education: mobile computing, smart electronic textbooks, and cloud computing. The model, architecture and scenario of context-dependent system-assistant for smart education, able to analyze the individual characteristics of the student, the environment, adapt their work when conditions change are presented in the article. The novelty of the approach lies in the formalization of the context model so that the context-dependent system-assistant «computes on the fly» a specific scenario taking into account the individual characteristics of users and the current educational situation. When building a content management system, it is proposed to use a model based on biologically plausible machines. Context-dependent smart system should be able to personalize the best learning style,*

*help to choose the optimal educational trajectory. For this purpose the device of Bayesian networks and biologically plausible methods are used. Prospective developments aimed at expanding the research base of smart education are the creation of adaptive systems that support an individual approach to learning, content management systems that provide for the possibility of contextual use of educational resources repositories and provide mobility and deep personalization of educational services. In Russia, nowadays there are the necessary prerequisites for the successful implementation of the smart education system: the focus in training are educational, social, civil, professional competencies, forms and methods for the individualization of the educational trajectory change, focus on open world intellectual resources, the emphasis is shifted to self-control and self-assessment of students, to assessment the education quality by employers, professional communities.*

**Keywords:** *smart education, context-dependent system, content management, probabilistic automaton, learning scenario, Bayesian network, evolutionary algorithm.*

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-22019.*

### *1. Введение*

В образовании с развитием технологий появляются новые концепции. Одной из таких концепций является умное образование (*smart education*). Разработки в области *smart education* стали новым трендом в мировом образовательном пространстве. Термин «умный» стал популярным, используемым в контекстах, от технологий приготовления пищи до информационных систем. Понятие «умный» появляется прежде всего в технологическом контексте. Оно используется там, где и когда что-то технологически было усовершенствовано, или продукт был приспособлен к человеческим потребностям через некоторую технологическую модификацию или улучшение. В этом смысле, умное образование является результатом эволюции применения в образовании компьютерных технологий: информационно-коммуникационных технологий (первые персональные компьютеры), *e-learning* (персональные компьютеры для работы в

Интернет), *m-learning* (ноутбуки) и *u-learning* (смартфоны). Умное образование, несомненно, является важной перспективой модернизации образовательных систем, направленной на приведение образования в соответствие с требованиями современного, динамичного мира, и на создание такой системы образования, которая смогла бы пережить продолжающуюся технологическую революцию. Многие исследователи подтверждают эффективность и привлекательность умного образования, которое базируется на таких элементах как самостоятельная познавательная и проектная деятельность слушателей, актуальность материалов для решения учебных задач, гибкие образовательные траектории, разнообразие распределенных ресурсов и взаимодействие слушателей с профессиональным сообществом [6].

Анализ литературы [23] приводит к выявлению трех основных столпов, поддерживающих умное образование: мобильный компьютеринг, умные электронные учебники и облачные вычисления.

Мобильный компьютеринг является ключевой технологией смарт-образования, потому что она составляет стратегию обучения везде, в соответствии с индивидуальными предпочтениями пользователя. Используя смартфоны, планшеты и другие портативные устройства, пользователи могут эффективно выполнять учебные задания в любом месте.

Умный электронный учебник, помимо функции традиционного учебника, играет роль записной книжки для самостоятельного изучения, рабочей тетради и словаря. Он может быть интерактивным и содержать различные инновационные учебные материалы, а также такие технологические элементы, как видео, анимация, виртуальная реальность или гиперссылки. К тому же его можно использовать на экране компьютера, планшета, смартфона, телевизора и т. д.

Облачные вычисления по упрощенному представлению – это стратегия переноса различных типов учебных программ или материалов с дисков персональных компьютеров в сеть (облако), чтобы их можно было использовать в любом месте и на любом устройстве. Облачные вычисления в образовательных системах являются привлекательным решением как с точки зрения экономики, так и

эффективности обучения. С технологической точки зрения облако доступно на всех устройствах (смартфоны, компьютеры, телевизоры и т. д.), что делает процесс обучения возможным в любом месте и в любое время. Многие исследования подтверждают, что внедрение облачных вычислений в образование обеспечивает более низкие расходы на обучение, повышенную безопасность и более быстрый обмен информацией и знаниями, делает процесс обучения более привлекательным и повышает его эффективность [14].

Появляются проекты, ориентированные на умное образование [7; 9; 11; 12; 16]. Малайзия и Сингапур запустили в школах проект *smart education*, Австралия в сотрудничестве с IBM разработала мультидисциплинарную систему образования, связывающую школы, вузы и подготовку рабочих. В Южной Корее появился проект *smart education*, основной задачей которого является реформа системы образования и совершенствование образовательной инфраструктуры. В Нью-Йорке действует программа «*smart school*». Финляндия, ОАЭ начали инвестировать в программу, целью которой является формирование новой среды обучения в своих национальных школах через запуск смарт-классов.

В статье представлена модель, архитектура и сценарий контекстно зависимой системы-ассистента для умного образования, способной анализировать индивидуальные характеристики обучающегося, окружающей среды, адаптировать свою работу при изменении условий. Обсуждаются основные допущения, теоретические предпосылки, ключевые функции и проблемы умного образования.

## 2. Постановка задачи

В рамках умного образования ведутся перспективные разработки, направленные на создание адаптивных систем, поддерживающих индивидуальный подход в обучении, систем управления контентом, предусматривающих возможность контекстного использования хранилищ образовательных ресурсов и обеспечивающих мобильность и глубокую персонализацию образовательных услуг.

Парадигма умного образования основывается на смарт-устройствах и мобильных интеллектуальных технологиях обучения [18]. Мобильность означает возможность обучения в любое время и в любом месте без ограничений по

местоположению, как в реальной, так и в виртуальной среде обучения. Мобильные технологии позволяют осуществлять бесшовное обучение в разных контекстах, преобразовывая сценарии обучения, охватывая формальное и неформальное обучение, индивидуальное и социальное обучение через умное персональное устройство. Появлению *smart education* способствовали другие умные технологии такие, как облачный компьютеринг (*cloud computing*), образовательная аналитика (*learning analytics*), большие данные (*big data*), Интернет вещей (*IoT*) [1]. С помощью этих технологий данные об обучении могут быть собраны, проанализированы и направлены на улучшение образовательного процесса, поддержки персонализированного и адаптивного обучения [19]. К тому же эти технологии поддерживают контекстное и непрерывное обучение, взаимодействие в социальных сетях.

Исследователи отмечают, что система *smart education* включает наукоемкие образовательные технологии, новые информационные и коммуникационные средства, а также инновационные педагогические решения и социальные технологии [13; 15]. Это не классно-урочная система очного обучения. В России к настоящему времени сложились необходимые предпосылки для успешной реализации системы *smart education*: направленностью в обучении становятся учебные, социальные, гражданские, профессиональные компетенции, меняется роль преподавателя, который формирует образовательный контент и обеспечивает условия для создания развивающей образовательной среды самостоятельного обучения, изменяются формы и методы на индивидуализацию образовательной траектории, ориентацию на открытые мировые интеллектуальные ресурсы, смещается акцент на самоконтроль и самооценку обучающихся, на оценку качества образования работодателями, профессиональными сообществами.

Цель умной учебной среды – обеспечить персонализированные услуги, обучение в собственном темпе, доступ к персонализированному контенту обучения в соответствии с их личностными особенностями пользователей. В [15] была предложена *smart*-среда обучения на основе облачных вычислений, в [22] – среда, основанная на семантическом вебе. В любом случае для этого необходима

открытая системная архитектура *smart*-среды обучения. Исследовательская база умного образования включает три основных элемента *smart*-образования: интеллектуальную среду обучения, умную педагогику и обучающегося. Рассмотрим эти элементы подробнее.

Умная педагогика и интеллектуальная среда обучения поддерживают развитие компетентностей обучающихся, появление специальных навыков и знаний. К таким компетенциям сейчас принято относить информационные, медийные, технологические, жизненные и карьерные навыки:

- базовые математические знания, навыки чтения и письма;
- критическое мышление и способность находить лучшие решения реальных задач;
- навыками владения информационно-компьютерными технологиями;
- навыки сотрудничества в команде.

Знания и навыки тесно переплетаются. Чтобы выполнить общую задачу или достигнуть общей цели, необходимо совместное обучение в группе или в команде. При совместном процессе обучения вырабатывается способность сохранять знания путем обмена информацией, решать проблемы, критическое мышление. Умная педагогика предполагает адаптацию учебного процесса к потребностям, интересам и предпочтениям обучающихся. Личный интерес иногда более важен, нежели внешняя мотивация. Персонализированное обучение с личным интересом способствует формированию внутренней мотивации. Архитектура умной педагогики является многоуровневой и включает индивидуально-ориентированное, групповое и массовое обучение через онлайн-взаимодействие.

Архитектура интеллектуальной среды обучения также является многоуровневой. Она включает облачный, туманный и роевой компьютеринг (*gloud computing, fog computing and swarm computing*). Облачный компьютеринг обеспечивает централизованное хранение данных и онлайн-доступ к компьютерным службам и ресурсам, туманный компьютеринг представляет собой виртуализированную платформу, обеспечивающую связь в реальном времени между конечными устройствами и облачными центрами обработки данных, поддержку

мобильности, роевой компьютеринг обеспечивает поддержку данных, получаемых в процессе обучения (данные о личности обучающегося, его статусе, местоположении и т. п.), их анализ и хранение, обработку заявок и контроль обучения.

### *3. Разработка методики*

#### *3.1. Контекстный сценарий и архитектура среды умного обучения*

Контекстно зависимая система-ассистент, способная анализировать данные о личности обучающегося, его статусе, местоположении и адаптировать учебный процесс, является одним из ключевых вопросов *smart*-образования. Создание подобного рода систем-ассистентов представляется междисциплинарной задачей, поскольку для ее решения необходимы знания педагогики, психологии, искусственного интеллекта и компьютерных наук. Иными словами, чтобы построить процесс обучения требуется интеграция знаний различных наук, выраженная, например, в сценариях, объединяющих совокупность педагогических приемов в ходе учебных занятий.

В основе персонализированного сценария обучения лежит механизм достижения познавательной цели, который задается уровнем обучения (знание, понимание, применение, анализ, синтез, оценка). Варианты сценариев, обеспечивающих доступ к знаниям и работу с ними, могут быть различными. Они воплощаются в различных типах сценарных решений и образовательных траекториях: хранилище знаний – доступ по усмотрению обучаемого; управляемое обучение – доступ к знаниям и контроль усвоения запрограммирован; развивающая среда – приобретение знаний и опыта путем экспериментирования или игры. Сценарий определяет предмет изучения, уровень и обучения, тип сценарного решения и деятельности по приобретению знаний. Основными параметрами сценария являются структура, координация и типологии обучения.

По оценкам в [17] известны несколько десятков различных сценариев и моделей обучения. Большинство из них не являются контекстно зависимыми, не учитывают особенности пользователя, не предполагают адаптацию под изменяющиеся условия работы. В [20] была сделана попытка предложить обобщенный сценарий на основе нескольких педагогических моделей. Этот сценарий включал



дидактические и мотивационные элементы нескольких педагогических моделей, тематику обучения, коммуникационные, информационные технологии и технические средства, используемые в процессе обучения. Однако этот сценарий не предусматривает возможности адаптации, управления знаниями предметной области, использования технологии умного образования.

Перспективным представляется подход, обеспечивающий единое концептуальное представление знаний на основе *web*-онтологий предметной области; онтологий сценарных решений под углом зрения формируемых смарт-компетенций, репозитория учебных и проектных кейсов, а также открытых информационно-образовательных ресурсов [21]. Это позволит специфицировать лекции, практические занятия, лабораторные работы, образовательный контент, а также обеспечит распределённый доступ к учебным ресурсам с помощью единой базы знаний, включающей совокупность учебных дисциплин. Распределённая в сети. Интернет база знаний не зависит от интерпретации конкретного учебного процесса. Фактически *smart*-обучение поддерживается через интеллектуальных агентов, одна из ролей которых будет сводиться к выборкам из баз знаний исходя из контекста обучения. Формирование онтологии сценарных решений и связанных с ними концептов позволяет формализовать поведение обучающей *smart* системы, а также обеспечить возможность повторного использования знаний; создать каталог сценариев.

Архитектура *smart* системы должна быть децентрализованной, иначе трудно обеспечить бесшовность, совместимость разного программного обеспечения, одинаковые возможности при использовании различных устройств, непрерывность процесса обучения и целостность используемого учебного контента. К тому же систему с централизованной архитектурой невозможно адаптировать к изменениям предпочтений и индивидуальным возможностям обучающихся, учесть различия в уровне подготовки пользователей.

Одним из возможных архитектурных решений для умного образования на базе современных информационных и цифровых технологий (мобильный компьютеринг, облачный сервис, интерактивные электронные учебники) является

модель открытой архитектуры адаптивной контекстно зависимой системы умного образования (рис. 1).

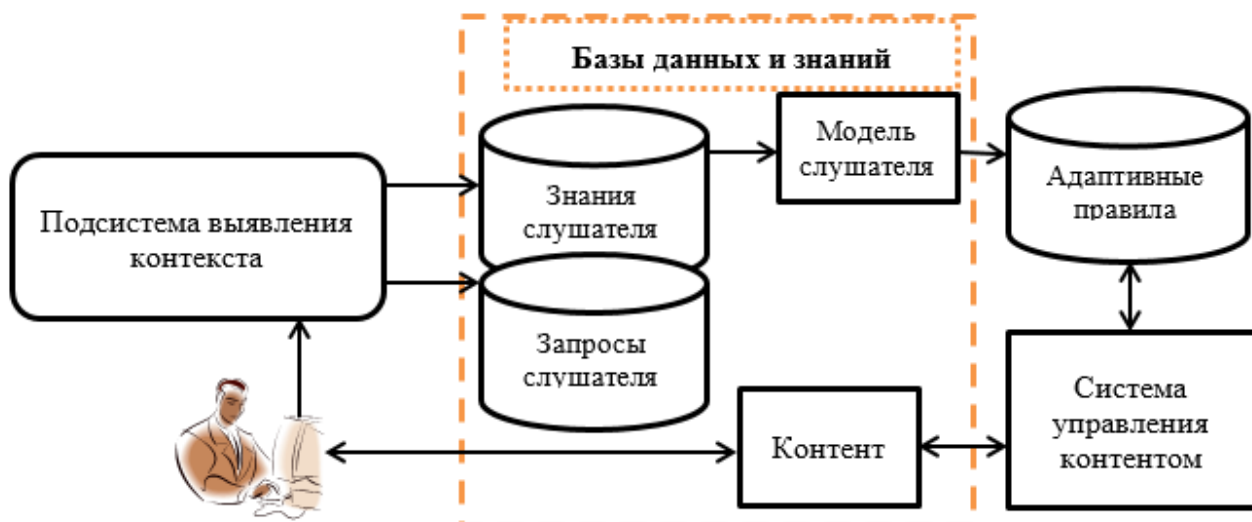


Рис. 1. Архитектура адаптивной системы умного образования

База данных и знаний включает контент, модель знаний слушателя и его запросах. Подсистема выявления контекста содержит, например, информацию о месте, времени сеанса обучения, об используемых учебных материалах, о его местоположение.

Контент описывается в виде иерархической древовидной структура, с одной стороны, а с другой стороны имеет черты семантической сети. Иными словами, между элементами контента существуют как бинарные иерархические отношения, так и ассоциативные сетевые связи между вершинами (учебными темами). Система управления контентом помогает согласно запросам выбирать маршруты освоения контента.

### 3.2. Управление контентом в среде умного образования

Рассмотрим модель умного обучения на основе общедоступной глобальной семантической сети на основе Всемирной паутины, которая состоит из машинно-читаемых элементов – узлов семантической сети с опорой на онтологии [2]. Это позволяет, используя протокол *HTTP*, идентификаторы ресурсов, онтологии и соответствующие инструменты, гибко выбирать соответствующие ресурсы под конкретного слушателя и актуальную ситуацию обучения [21].

Рисунок 2 иллюстрирует структуру программного управления контентом на основе семантического веба.

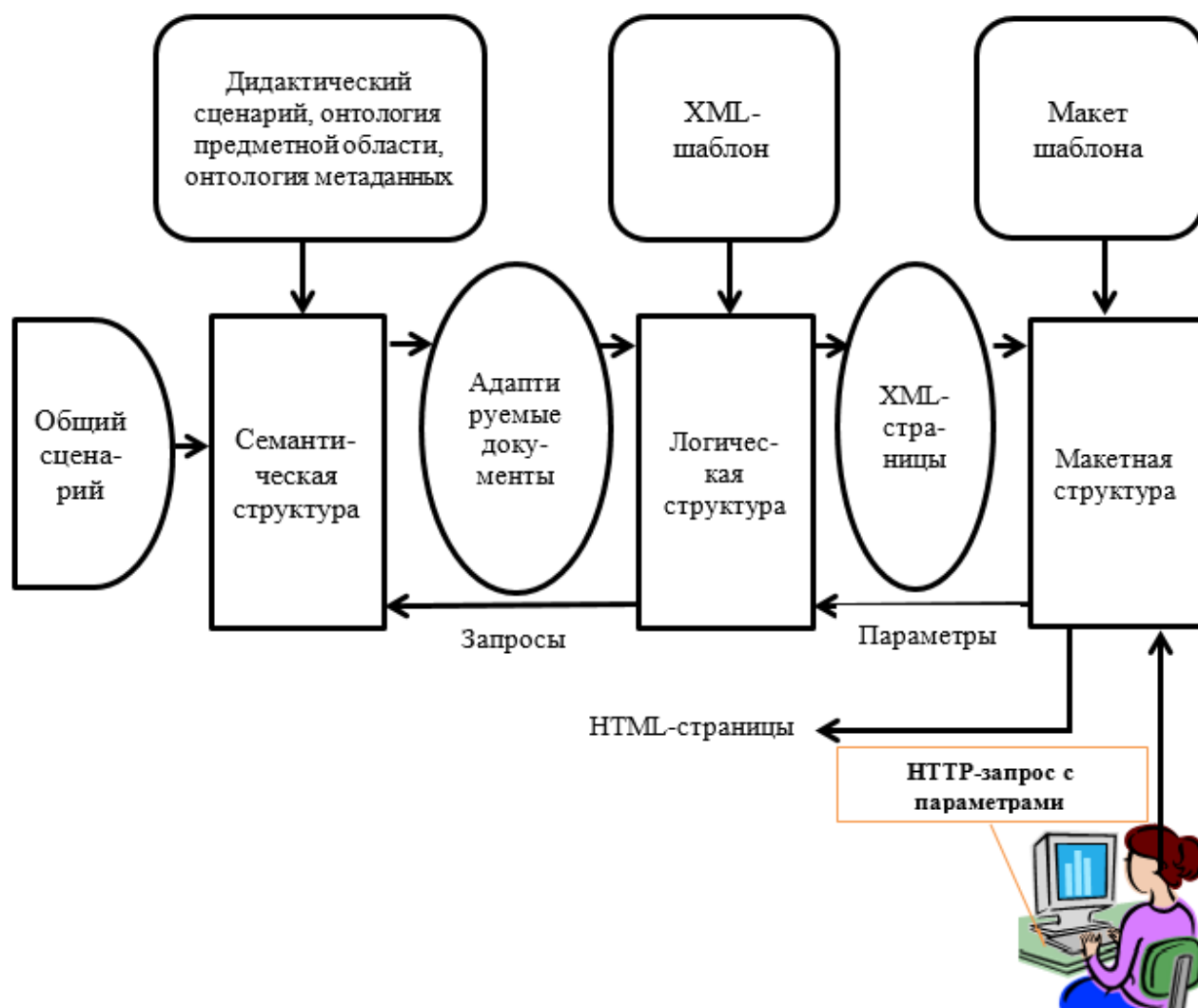


Рис. 2. Структура управления контентом на основе семантического веба

На вход структуры подается сценарий обучения. Элементами структуры являются онтологии метаданных и предметной области, *XML*-шаблоны, а также семантическая, логическая и макетная структуры. Здесь метаданные – это описательная информация об онлайн-ресурсах. Эта информация представляет собой сокращенное описание формы и контента ресурсов. Метаданные максимизируют возможность определить местонахождение онлайн-ресурсов, являются ценным инструментом управления записями ресурсов для создания распределенного обучения. К тому же, метаданные открывают доступ к нетекстовым документам в электронном виде (в отличие от поисковых систем, которые испытывают

определенные трудности при сканировании фотографий или музыки), могут указать быстрый путь к нужным образам.

Первым этапом процесса управления контентом является семантический выбор, за которым следует логическая и макетная сборка. Далее, *XML*-документ отображается в *HTML*-документ путем универсального *XSLT*-преобразования с возможностью свертывания уровней, аналогично тому, как делает это по умолчанию интернет-браузер, но без использования файловых операций и вызова внешних объектов.

При обработке образовательных запросов пользователей следует иметь в виду их разную степень сложности: от простых запросов, связанных с пониманием и определением новых понятий, либо изучением отдельного тематического раздела до запросов на уровне образовательной программы. В результате путем интерактивного уточнения образовательных запросов, строится персонализированная программа обучения, включающая концепты онтологии предметной области. Следующим этапом управления контентом в среде умного образования является подбор доступных в образовательном пространстве образовательных ресурсов, покрывающих концепты онтологии предметной области. Эта задача также не имеет однозначного решения, требует учета контекстной информации, которая может быть связана с пользовательскими ограничениями на форму представления учебного материала, стратегией обучения, временными и иными ресурсами. Итогом этого этапа будет программа обучения из реальных учебных объектов.

Онлайн-чаты, доски обсуждений, электронная почта также играют определенную роль, устанавливая контекстно зависимые связи в процессе обмена сообщениями между слушателями и преподавателями.

Поведение и реакции акторов в процессе обучения, порою трудно предсказать. В этом случае подходящей моделью определенных элементов системы управления контентом является дискретно-стохастическая функциональная модель вероятностных автоматов [4]. Особенность этой модели – переход из одного состояния в другое происходит недетерминированно или в зависимости от

последовательности предыдущих состояний. Любой слушатель может быть отнесен к группе вероятностных автоматов [3].

Вероятностный автомат представляется стохастическим графом, состоящим из множества вершин, связанных взвешенными ребрами с вероятностями переходов состояний. Опишем поведение и функции вероятностного автомата.

Входная функция вероятностного автомата имеет вид:

$$P_{in}(t) = P_{in}(SS(t), UD(t), SI(t), SM(t)),$$

где  $SS(t)$  – состояние слушателя,  $UD(t)$  – состояние учебной деятельности,  $SI(t)$  – состояние инфраструктуры,  $SM(t)$  – состояние окружающей среды.

Выходная функция автомата имеет вид:

$$P_{out}(t+1) = P_{out}(UD(t+1), SI(t+1)),$$

где  $UD(t+1)$  – состояние учебной деятельности в момент времени  $(t+1)$ ,  $SI(t+1)$  – состояние инфраструктуры в момент времени  $(t+1)$ .

Пусть в момент времени  $t$  автомат с вероятностью  $p_m(t)$  находится в состоянии  $UD(t) = UD_m$ , а состояние  $IS(t) = IS_n$  с вероятностью  $p_n(t)$ . Множество вероятностей состояний  $UD(t)$  – это  $\{UD_1(t), UD_2(t), \dots, UD_m(t)\}$ , а множество вероятностей состояний  $IS(t)$  – это  $\{IS_1(t), IS_2(t), \dots, IS_n(t)\}$ .

Обучение вероятностного автомата происходит по методу обучения с подкреплением [24] по следующим правилам.

Правило 1. Если  $UD(t) = UD_m$  в момент времени  $t$  с вероятностью  $p_m(t)$ , то если результат обучения «хороший» (слушатель удовлетворен), вероятность  $p_m(t)$  увеличивается, а вероятности выбора других состояний  $UD_s(t)$  уменьшаются. Иначе, если слушатель не удовлетворен, то вероятность  $p_m(t)$  уменьшается, а вероятности выбора других состояний  $UD_s(t)$  увеличиваются.

Правило 2. Если  $IS(t) = IS_n$  в момент времени  $t$  с вероятностью  $p_n(t)$ , то если результат обучения «хороший», вероятность  $p_n(t)$  увеличивается, а вероятности выбора всех других состояний  $IS_s(t)$  уменьшаются. Иначе, если слушатель не удовлетворен, то, вероятность  $p_n(t)$  уменьшается, а вероятности выбора всех других состояний  $IS_s(t)$  увеличиваются.

Поясним эти правила на примере слушателя, в непосредственной близости от которого имеются две мобильные сети с инфраструктурой  $IS_1$  и  $IS_2$  соответственно. Необходимо для осуществления учебной деятельности выбрать сеть с лучшей производительностью и надежностью. Пусть вероятность выбора сети  $IS_1$  равна  $p_1$ , а вероятность выбора сети  $IS_2$  –  $p_2$ . В момент времени  $t$  сеть  $IS_n$  ( $n = 1$  или  $2$ ) выбирается с вероятностью  $p_n(t)$ . Если производительность и надежность связи по сети оценивается слушателем как «хорошие», то  $p_n(t+1) = p_n(t) + k_1*(1 - p_n(t))$ , где  $k_1$  – некоторый коэффициент,  $0 < k_1 < 1$ . В противном случае,  $p_n(t+1) = p_n(t) - k_2*p_n(t)$ , где  $k_2$  – некоторый коэффициент,  $0 < k_2 < 1$ . Причем  $p_1(t+1) + p_2(t+1) = 1$ .

### 3.3. Разработка сценария обучения

Интероперабельность *smart education* предполагает не только динамический и бесконфликтный обмен контентом и сценариями обучения, но также предоставление слушателям различной комбинации сервисов, функциональности, настраиваемых платформ (архитектуры обработки событий, сервис-ориентированной архитектура).

Например, сценарий обучения включает цель и описывает параметры и процесс обучения. Поэтому создание онтологии сценариев обучения является актуальной задачей, предполагает представление предметной области в терминах задач и функций. Наличие онтологии сценариев в контекстно зависимой системе-ассистенте позволяет варьировать изучение предметной области в пределах контекста и связанные со сценариями концепты [10].

Собственно индивидуализация процесса обучения достигается варьированием его сценария с учетом подготовки и категории слушателей, образовательных ресурсов и форм обучения. Подход к разработке обобщенного сценария заключается в следующем.

Вначале экспертным образом проектируется начальный вариант сценария, который модифицируется и детализируется. Затем проводится формализация, возможно, уточняется типология изучаемых задач. Формализация сценария предполагает определение начального сценария обучения  $SC_0$ :

$$SC_0 = \langle Ph_1, Ph_2 \rangle,$$

где  $Ph_1$  – множество дидактических рекомендаций для обучения,  $Ph_2$  – учебный план. Множество  $Ph_1$  включает постановку учебных задач и определение учебных ресурсов и др. Множество  $Ph_2$  включает дидактическое описание методов решения учебных задач, необходимых для этого действий и др.

Далее, устанавливаются наиболее эффективные варианты реализации сценария:

$$\langle T, M, D \rangle,$$

где  $T$  – типы решаемых учебных задач,  $M$  – методы ее решения,  $D$  – дискурс (сценарий взаимодействия).

Сигнатура  $\langle T, M \rangle$  имеет иерархическую структуру. Иными словами, задача может быть разложена на ряд подзадач, решение которых достигается с использованием метода  $M$  и таких операторов как секвенция, альтернативный выбор и параллельное выполнение [21].

#### *4. Стили smart образования и выбор альтернативных траекторий*

Smart education предполагает множественный выбор образовательных траекторий. Поддержка принятия решений при выборе образовательной траектории является актуальной, но слабоструктурированной задачей. Ее решение предполагает, наряду с описанием альтернативных траекторий *smart*-образования, определение критериев их оценки и применение методов поддержки принятия решений. Помочь слушателю с выбором индивидуальной траектории обучения и сформировать индивидуальный кейс учебных материалов, средств и технологий обучения – это многокритериальная задача. У разных слушателей при выборе траекторий могут оказаться различные критерии отбора: минимальный срок обучения, стоимость обучения, интенсивность обучения, виды информационных источников. У слушателей могут быть различные предпочтения относительно методов и стилей обучения:

- обучение в группах или индивидуальное обучение;
- использование визуализации звуков, музыки;
- использование письменного текста, логики, математики, систематизации.

Выбор рациональной комбинации материалов, средств и технологий обучения позволяет обеспечить достижение заданных критериев оценки результатов обучения. Контекстно зависимая система обучения должна уметь персонализировать наилучший стиль обучения. С этой целью можно использовать аппарат байесовских сетей [3; 8], а также биоэвристики [5].

Байесовская сеть является вероятностной моделью, представляющей собой множество переменных и их вероятностных зависимостей. Формально, байесовская сеть – это направленный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует некоторая переменная, а дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами. Разработаны эффективные методы, которые успешно используются для вычислений и обучения байесовских сетей [8]. Если задать некоторое распределение вероятностей на множестве переменных, соответствующих вершинам этого графа, то полученная сеть будет байесовской сетью. На такой сети можно использовать байесовский вывод для вычисления вероятностей следствий событий.

В качестве примера на рис. 3 представлена байесовская сеть, моделирующая стили *smart* обучения.

Выбор образовательной траектории определяется социально – профессиональной направленностью слушателей, их мотивацией, наличием альтернативных образовательных ресурсов, возможностями образовательных организаций.



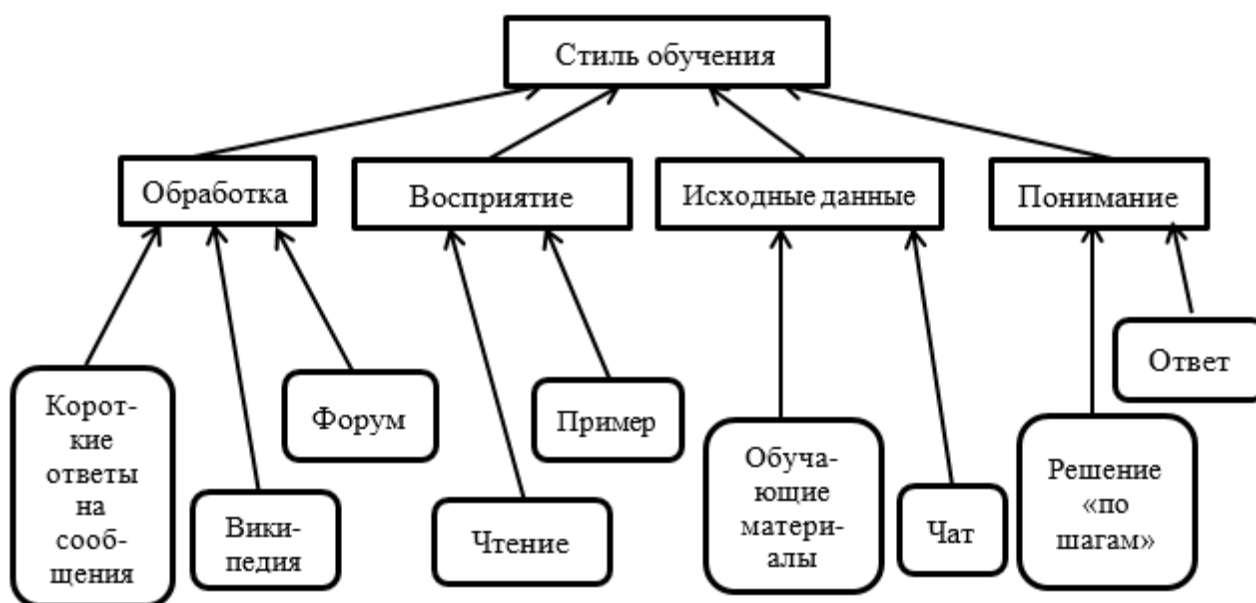


Рис. 3. Байесовская сеть, моделирующая стили *smart*-обучения

Предлагаемый подход к выбору альтернативных траекторий *smart* образования основан на применении эволюционного алгоритма (ЭА) в качестве одного из самых мощных эвристических методов поиска оптимизированных решений. Разнообразие входных данных в модели поддерживается популяцией пользовательских «характеристик», кодируемых в эволюционном алгоритме в виде хромосом.

Используя популяцию хромосом и эволюционные операторы алгоритм ищет решение с экстремальным значением целевой функции. Весовые значения объектов при этом остаются релевантными, «шум» исключен.

Формально, задачу нахождения оптимальной траектории *smart* образования можно представить следующим образом:

$$\forall u \in U, s'_u = \arg \max_{s \in S} h(u, s),$$

где  $U$  – множество пользователей,  $S$  – множество элементов для описания образовательной траектории, которые могут быть рекомендованы пользователю,  $h$  – функция, определяющая насколько некоторая образовательная траектория  $s$  удовлетворяет некоторого пользователя  $u$ . Таким образом, необходимо выбрать такой объект  $s' \in S$ , при котором значение удовлетворенности для каждого пользователя  $u \in U$  максимально.

Эволюционный алгоритм выбора оптимальной образовательной траектории основан на идеях естественного отбора и эволюционных вычислениях [5], представляющих собой математические преобразования, трансформирующие входной поток информации в выходной и основанных на правилах имитации эволюции, статистическом подходе к исследованию ситуаций и итерационном приближении к оптимальному решению. Согласно ранее представленным принципам можно сформировать основные элементы эволюционного алгоритма для описания образовательной траектории. В частности, структура хромосомы, представляющей закодированное решение в эволюционном алгоритме, включает следующие группы генов:

- гены, характеризующие различный образовательный контент, используемый для самостоятельного обучения ( $w_1$  – электронные учебники,  $w_2$  – текстовые файлы,  $w_3$  – презентации,  $w_4$  – мультимедиа-материалы);

- гены, характеризующие способ организации учебного процесса ( $w_5$  – очное участие в учебных занятиях,  $w_6$  – заочное обучение путём просмотра кейса учебных материалов,  $w_7$  – групповая работа преподавателей и обучающихся в интернет-пространстве,  $w_8$  – участие в *online*-мероприятиях,  $w_9$  – участие в деловых играх,  $w_{10}$  – очно-заочные консультации);

- гены, характеризующие численность учебной группы ( $w_{11}$  – обучение в малой группе,  $w_{12}$  – обучение в большой группе,  $w_{13}$  – индивидуальное обучение,  $w_{14}$  – чередование этих видов обучения);

- гены, характеризующие технологии представления контента ( $w_{15}$  – преобладание визуальной информации,  $w_{16}$  – преобладание аудио информации,  $w_{17}$  – мультимедийные источники информации);

- гены, характеризующие контроль знаний ( $w_{18}$  – очное/заочное тестирование, экзамен,  $w_{19}$  – выполнение и защита междисциплинарных проектов,  $w_{20}$  – отчёты по различным видам практик,  $w_{21}$  – защита выпускных квалификационных работ);

– гены, характеризующие темп подачи контента для обучаемого ( $w_{22}$  – стандартный с фиксацией основных положений,  $w_{23}$  – ускоренный с упором на самоподготовку,  $w_{24}$  – регулируемый обучающимся);

– гены, характеризующие очередность и число одновременно изучаемых предметов ( $w_{22}$  – семестровая система,  $w_{23}$  – модульное обучение,  $w_{24}$  – последовательная траектория изучения дисциплин друг за другом,  $w_{24}$  – индивидуальный план обучения).

Базовый цикл эволюционного алгоритма включает следующую последовательность шагов: вычисление целевой функции, оценку качества решений, селективный отбор решений и репродукцию, т.е. создание новых решений.

Для выбора альтернативных траекторий *smart*-образования пользователя предлагается процедура, основанная на эволюционном алгоритме и представленная на рис. 4.

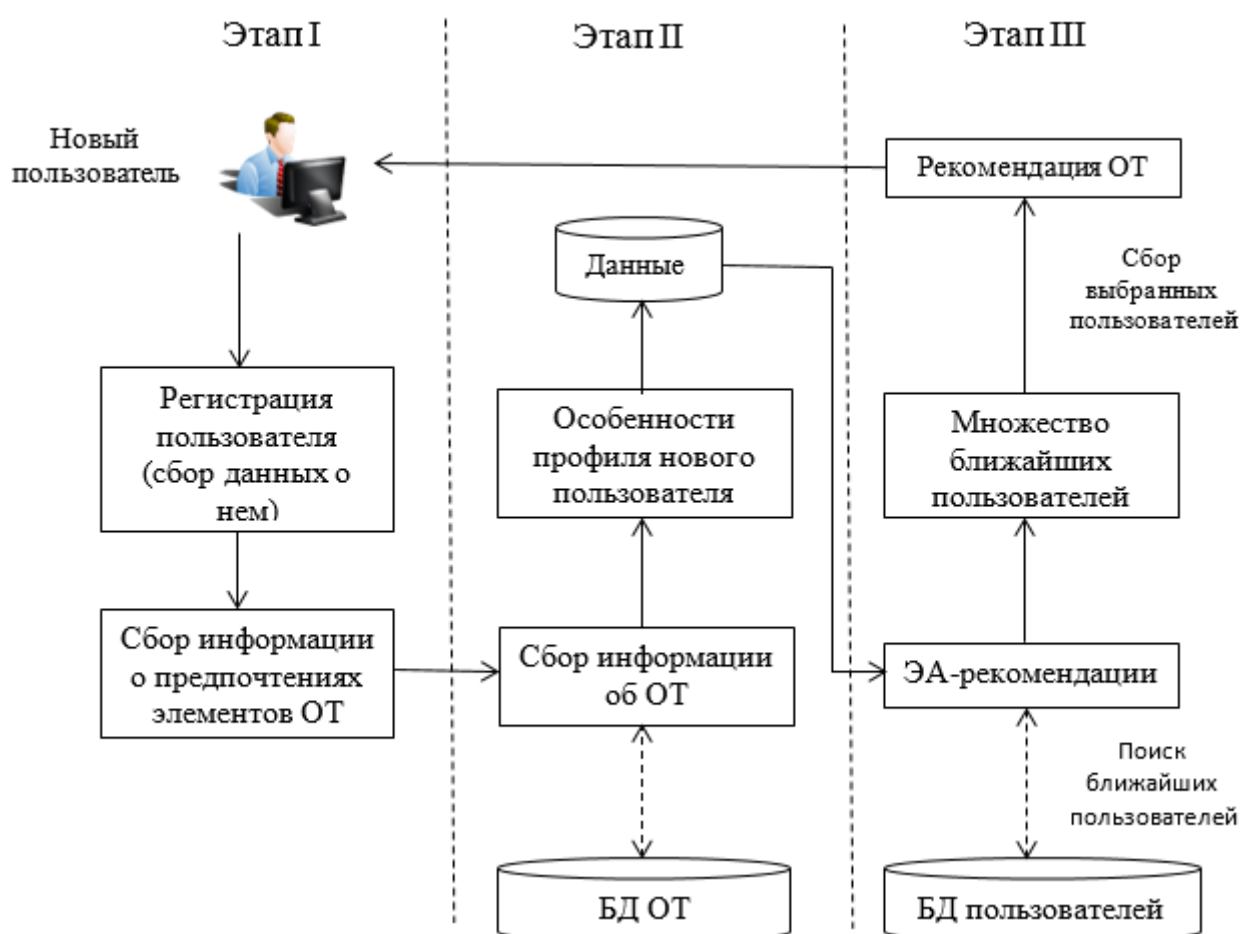


Рис. 4. Процедура выбора альтернативных траекторий *smart*-образования  
Эта процедура включает три этапа.

На первом этапе происходит регистрация пользователя, сбор данных о нем, а также информации о его предпочтениях тех или иных элементов, характеризующих образовательную траекторию ( $w_1 - w_{24}$ ).

На втором этапе производится персонализация профиля пользователя. Для тех элементов, характеризующих образовательную траекторию, которые пользователь уже оценил, ведется поиск из базы данных (БД) образовательных траекторий (ОТ), которые будут учитываться в качестве предпочтений, наряду с предпочтениями других пользователей (это особенно эффективно, когда предпочтения пользователя еще не сформированы).

На третьем этапе для поиска соответствующей рекомендации используется эволюционный алгоритм., с помощью которого определяется множество «ближайших» пользователей и рекомендация по выбору образовательной траектории.

## 5. Заключение

Основными элементами для поддержки умного образования являются мобильный компьютеринг, умные электронные учебники и облачные вычисления. Обучающиеся используют интеллектуальные устройства для доступа к цифровым ресурсам через беспроводную сеть и погружаются в персонализированное и бесшовное обучение.

При построении системы управления контентом предлагается использовать модель на основе биологически правдоподобных автоматов. Предлагаемый подход к выбору альтернативных траекторий *smart*-образования основан на применении эволюционного алгоритма в качестве одного из самых мощных эвристических методов поиска оптимизированных решений.

Представлена модель, архитектура и сценарий контекстно зависимой системы-ассистента для умного образования, способной анализировать индивидуальные характеристики обучающегося, окружающей среды, адаптировать свою работу при изменении условий. Обсуждаются основные допущения, теоретические предпосылки, ключевые функции и проблемы умного образования.

Новизна подхода заключается в формализации модели контекста так, чтобы из общего сценария система обучения «вычисляла на лету» конкретный сценарий с учетом индивидуальных особенностей пользователей и текущей учебной ситуации.

Перспективными разработками, направленными на расширение исследовательской базы умного образования, являются создание адаптивных систем, поддерживающих индивидуальный подход в обучении, систем управления контентом, предусматривающих возможность контекстного использования хранилищ образовательных ресурсов и обеспечивающих мобильность и глубокую персонализацию образовательных услуг. В России к настоящему времени сложились необходимые предпосылки для успешной реализации системы *smart education*: направленностью в обучении становятся учебные, социальные, гражданские, профессиональные компетенции, меняется роль преподавателя, который формирует образовательный контент и обеспечивает условия для создания развивающей образовательной среды самостоятельного обучения, изменяются формы и методы на индивидуализацию образовательной траектории, ориентацию на открытые мировые интеллектуальные ресурсы, смещается акцент на самоконтроль и самооценку обучающихся, на оценку качества образования работодателями, профессиональными сообществами.

### **Список литературы**

1. Веряев А.А. Education data mining и learning analytics – направления развития образовательной квалитологии [Текст] / А.А. Веряев, Г.В. Татарникова // Наука, образование, культура. – 2016. – №2. – С. 150–160.
2. Долятовский В.А. Онтологический подход к процессам и системам обучения и образования [Текст] / В.А. Долятовский, Я.В. Гамалей // Образовательные технологии. – 2018. – №3. – С. 76–106.
3. Курейчик В.В. Мобильное обучение: контекстная адаптация и сценарный подход [Текст] / В.В. Курейчик, С.И. Родзин, Л.С. Родзина // Открытое образование. – 2013. – №4. – С. 75–82.

4. Поспелов Д.А. Вероятностные автоматы [Текст] / Д.А. Поспелов – М.: Энергия, 1970. – 88 с.
5. Родзин С.И. Биоэвристики: теория, алгоритмы и приложения [Текст]: монография / С.И. Родзин, Ю.А. Скобцов, С.А. Эль-Хатиб. – Чебоксары: ИД «Среда», 2019. – 224 с. – DOI 10.31483/a-54.
6. Тельнов Ю.Ф. Технологии смарт-обучения для реализации инновационных образовательных проектов [Текст] / Ю.Ф. Тельнов, Э.Р. Ипатова // Открытое образование. – 2011. – №3. – С. 56–63.
7. Тихомиров В.П. Мир на пути smart education. Новые возможности для развития [Текст] / В.П. Тихомиров // Открытое образование. – 2011. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/120870/>
8. Тулупьев А.Л. Байесовские сети: логико-вероятностный подход [Текст] / А.Л. Тулупьев, С.И. Николенко, А.В. Сироткин. – СПб.: Наука, 2006. – 607 с.
9. Шубина И.В. Смарт и развитие современного образования [Текст] / И.В. Шубина // Экономика, статистика и информатика. – 2015. – №3. – С. 17–19.
10. Bova V. E-learning technologies as basis of formation of the integrated training in the educational services [Text] / V. Bova, Y. Kravchenko, V. Kureichik, D. Zaruba // Proc. of the 9th Int. Conf. on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 2015. – Pp. 570–573.
11. Choi J.W. The status of SMART education in Korea [Text] / J.W. Choi, Y.J. Lee // Proc. World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, 2012. – Pp. 175–178.
12. Huang R. From digital to smart: the evolution and trends of learning environment [Text] / R. Huang, J. Yang, Y. Hu // Open Educ. Res. – 2012. – Pp. 75–84.
13. Hwang G.J. Definition, framework and research issues of smart learning environments-a context-aware ubiquitous learning perspective [Text] / G.J. Hwang // Smart Learning Environments. – 2014. – No. 1. – Pp. 1–14.
14. Jeong J.-S. A Content Oriented Smart Education System based on Cloud Computing [Text] / J.-S. Jeong, M. Kim, K.-H. Yoo // Int. Jour. of Multimedia and

Ubiquitous Engineering. – 2013. – Vol. 8. – No. 6. – Pp. 313–328 [Electronic resource]. – URL: <http://dx.doi.org/10.14257/ijmue.2013.8.6.31>

15. Kim S. Smart learning services based on smart cloud computing [Text] / S. Kim, S.M. Song, Y.I. Yoon // *Sensors*. – 2011. – No. 11. – Pp. 7835–7850.

16. Kim T. Evolution to smart learning in public education: a case study of Korean public education, in *Open and Social Technologies for Networked Learning* [Text] / T. Kim, J.Y. Cho, B.G. Lee. – Berlin Heidelberg: Springer, 2013. – Pp. 170–178.

17. Koper R. Representing the Learning Design of Units of Learning [Text] / R. Koper, B. Olivier // *Educational Technology & Society*. – 2004. – Vol. 7. – Pp. 97–111.

18. Lee J. Smart learning adoption in employees and HRD managers [Text] / J. Lee, H. Zo, H. Lee // *Jour. Educ. Technol.* – 2014. – No. 45(6). – Pp. 1082–1096.

19. Mayer-Schönberger V. Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think [Text] / V. Mayer-Schönberger, K. Cukier – NY: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.

20. Nodenot T. Contribution à l'Ingénierie dirigée par les modèles en EIAH: le cas des situations-problèmes cooperatives [Text] / T. Nodenot // Pau: Université de Pau et des Pays de l'Adour, 2005.

21. Rodzin S. Mobile Learning Systems and Ontology [Text] / S. Rodzin, L. Rodzina // *Proc. of the 4th Comp. Science On-line Conf. (CSOC'15)*, 2015, Vol 3. – Pp. 45–54.

22. Scott K. Context-aware services for smart learning spaces. *Learning Technologies* [Text] / K. Scott, R. Benlamri // *IEEE Transactions on*. – 2010. – No. 3. – Pp. 214–227.

23. Smart Education [Electronic resource]. – URL: [http://www.ibm.com/smarterplanet/global/files/au\\_\\_en\\_uk\\_\\_cities\\_\\_ibm\\_smarter\\_education\\_now.pdf](http://www.ibm.com/smarterplanet/global/files/au__en_uk__cities__ibm_smarter_education_now.pdf)

24. Zarraonandia T. On the way of an ideal learning system adaptive to the learner and her context [Text] / T. Zarraonandia, C. Fernandez, P. Diaz, J. Torres // *Proc. of Fifth IEEE Int. Conf. on Advanced Learning technologies*, 2005. – Pp. 128–134.

**Бова Виктория Викторовна** – доцент кафедры систем автоматизированного проектирования ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог.

**Истратова Оксана Николаевна** – канд. психол. наук, доцент кафедры психологии и безопасности жизнедеятельности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог.

**Кравченко Юрий Алексеевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог.

**Курейчик Виктор Михайлович** – д-р техн. наук, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог.

**Лызь Наталья Александровна** – д-р пед. наук, профессор кафедры психологии и безопасности жизнедеятельности ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог.

**Родзин Сергей Иванович** – канд. техн. наук, профессор кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Россия, Таганрог

---