

В. А. Мединцев <https://orcid.org/0000-0002-5171-0139>

Методология реализации личностного подхода в системах адаптивного обучения

Для цитирования: Мединцев В. А. Методология реализации личностного подхода в системах адаптивного обучения // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 1 (118). С. 151-161. DOI 10.20323/1813-145X-2021-1-118-151-161

Внедрение цифровых технологий в образование уже обрело лавинообразный характер, что стало действенным фактором исследований по совершенствованию концептуальных и технологических решений при разработке и использовании различного рода синтетических учебных сред. Одним из важнейших направлений их совершенствования остается придание им гибкости ради максимального учета возможностей каждого обучающегося. В теории и практике психологии это направление связано с вариантами реализации личностного подхода как формы персонализации обучения. В условиях использования в образовании инженерно-коммуникационных технологий возможности персонализации обучения существенно расширились, но при этом актуализировались новые проблемы теории и практики образования.

Варианты персонализации обучения осуществляют при создании синтетических искусственных сред, один из видов которых связан с *системами адаптивного обучения* (САО). К основным факторам, затрудняющим использование САО, специалисты относят их высокую стоимость и недостаточную эффективность, чем обусловлена необходимость поиска новых подходов к разработке САО на как можно более четких, рациональных теоретико-методологических принципах. Также причиной ограниченного применения САО является то, что заложенная в их конструкции персонализация не позволяет в необходимой мере учесть оттенки психологической специфики обучающихся в сочетании с нормативными требованиями к образованию, чего достигают преподаватели, составляя и реализуя свои учебные программы.

В концептуальном плане исследование по САО является примером взаимодействия естественно-научной и гуманитарной парадигм в человековедении. Для повышения эффективности такого взаимодействия необходимы логически релевантные теоретические модели, применимые к широкому кругу предметов, изучаемых в рамках гуманитарной парадигмы. Такая теоретическая модель для описания и разработки САО, в частности, может быть построена на основе теоретико-множественного метода описания процессов. В статье изложено применение этого метода для описания функционирования САО и реализации в ней принципа адаптации.

Ключевые слова: психология, образование, личностный подход, персонализация обучения, информационно-коммуникативные технологии, система адаптивного обучения, принцип адаптации, теоретико-множественный метод.

V. A. Medintsev

Methodology for implementing the personal approach in adaptive learning systems

The accelerated introduction of digital technologies in education has already acquired an avalanche-like mode, which has become an effective factor in research to improve the conceptual and technological solutions for the development and application of various synthetic learning environments. One of the most important areas of their improvement is giving them flexibility to maximize the capabilities of each student. In the theory and practice of psychology, this route is associated with various options for implementing the personal approach as a personalization of learning. Engineering and communication technologies in education open up opportunities for personalizing learning, which have expanded significantly, but the problems of theory and practice of education have also become more relevant.

Various options for personalization of training are also implemented when creating synthetic artificial environments, one of the actively developed varieties of which are adaptive learning systems (ALS). The main factors that complicate the use of ALS, experts attribute their high cost and insufficient efficiency, which necessitates the search for new approaches to the development of ALS on the most clear, rational theoretical and methodological principles. Also, the reason for the limited use of ALS is that the personalization inherent in their design does not allow for the necessary consideration the shades of students' socio-psychological specifics in combination with regulatory requirements, which teachers achieve by developing and implementing their training programs.

Conceptually, research on ALS is an example of the interacting the natural science and humanitarian paradigms in human studies. To increase the effectiveness of such interaction, logically relevant theoretical models are needed that are applicable to a wide range of subjects studied within the framework of the humanitarian paradigm. Such a theoretical model for the description and development of ALS, in particular, can be built on the basis of the set-theoretic method for process description. The article deals with the application of this method to the structure and functioning of the ALS and the implementation of the adaptation principle in it.

Keywords: psychology, education, personal approach, personalization of learning, information and communication technologies, adaptive learning system, adaptation principle, set-theoretic method.

Внедрение цифровых технологий в гуманитарные области культуры неуклонно расширяется в течение нескольких десятилетий и уже обрело лавинообразный характер. Существенно возросло число публикаций о необходимости создания в учреждениях образования цифровой образовательной среды, о проблемах ее развития и внедрения [Петрищев, 2020]. Одной из составляющих совершенствования систем образования остается придание им гибкости для максимального учета возможностей и потребностей каждого обучающегося, раскрытия его когнитивного потенциала. В психологии это направление теории и практики связано с различными вариантами личностного подхода. С началом широкого использования в образовании ИКТ возможности персонализации обучения существенно расширились, но вместе с тем актуализировались новые проблемы, которые охватывают теорию и практику образовательных процессов. Различные варианты персонализации обучения осуществляют и при создании синтетических искусственных сред, одной из активно разрабатываемых разновидностей которых являются *системы адаптивного обучения* (САО). Существенным фактором развития образования в этом направлении стали также возможности использования Больших Данных (БД). Все более широкий охват различных сфер деятельности человека, постоянное совершенствование средств сбора и анализа БД открывают новые перспективы их использования во всех сферах общего и специального образования, хотя вместе с тем множатся и проблемы, связанные со сбором и использованием массивов данных.

Концептуальным ядром и средоточием творческих усилий разработчиков САО остается реализация адаптивных возможностей ИКТ-систем. Предложены и осуществлены многие технологические решения адаптации, некоторые из них уже занимают прочные позиции на рынке образовательных технологий. Однако решительный перелом в переходе к широкому использованию САО пока не происходит. К основным факторам, затрудняющим использование даже авторитетных САО (таких, например, которые приведены в

[Natriello, 2017]), специалисты относят их высокую стоимость при недостаточной эффективности (о других недостатках будет сказано далее), что вынуждает искать новые подходы и разрабатывать новые САО на как можно более четких, рациональных теоретико-методологических принципах. Можно предположить, что весомой причиной ограниченного применения САО является их «недостаточная адаптивность», в том смысле, что заложенная в их конструкции персонализация не позволяет в необходимой мере учесть оттенки психологической специфики обучающихся в сочетании с нормативными требованиями к образованию, чего достигают преподаватели, составляя и реализуя свои учебные программы.

В очерченном ракурсе научно-практическая задача разработки эффективной и универсальной САО может быть дополнена задачей, состоящей в том, чтобы предложить *методологический базис* построения САО, в разработке и/или совершенствовании которой могли бы принимать участие преподаватели – со своим уникальным опытом и пониманием психолого-педагогических ситуаций в конкретных условиях учебного заведения. В специализированных изданиях по компьютерным наукам и технологиям проблематика адаптивных систем представлена широко и рассмотрена углубленно. Однако, поскольку речь идет о системах, которые составляют люди и различные компоненты культуры, при разработке адаптивных систем желательно опираться на концептуальные модели, в которых учтено как можно большее число возможных взаимодействий. В связи с этим имеет смысл, не углубляясь в инженерно-технологические решения современных САО, рассмотреть формирование и функционирование САО концептуально – с опорой на максимально четкие методологические принципы. В качестве таких оснований далее будут использованы два принципа: описание всех возможных изменений в активных системах как процессов; описание процессов с использованием основных элементов теории множеств (а именно, алгебраических структур и отображений множеств [Балл, 2016]). При использовании этого методологического ин-

струмента могут быть получены описания ранее не очевидных процессов, а значит, новые направления усовершенствования САО, в том числе постепенное преодоление ряда их негативных качеств, в частности адаптационных. Таким образом, цель данного исследования состоит в том, чтобы на основе системного метода описания процессов предложить описание функционирования САО и реализации в них принципа адаптации.

Достижения в использовании и проблемы при разработках САО

Внедрение ИКТ в систему образования сопряжено с преодолением многих проблем теоретического и методологического характера, инновационных технологических и организационных решений, направленных на адаптацию образовательной системы к динамически меняющимся потребностям общества [Кузнецов, 2019]. Как уже было отмечено, заметной тенденцией современного образования является развитие психолого-педагогического направления, объединяющего различные варианты личностного подхода в сфере разработки и применения синтетических учебных сред. Реализацию этого подхода – помимо теоретико-методологического, организационного и технического обеспечения – сегодня осуществляют за счет привлечения массивов данных, в том числе БД [Azcona, 2018; Brown, 2020].

БД в образовании и психологии

Система образования постоянно генерирует значительный объем данных, в частности (по [Левиев, 2015]):

- персональные данные студентов;
- данные о взаимодействии студентов с электронными системами обучения (электронными учебниками, онлайн-курсами);
- данные об эффективности учебных материалов;
- административные (общесистемные) данные;
- прогнозные данные.

Основное отличие БД от массивов данных, используемых в социогуманитарных науках, состоит в том, что они, как правило, не могут быть обработаны на персональном компьютере. Кроме того, БД нередко изменяются в режиме реального времени, разнородны по составу и поэтому требуют агрегирования совершенно разных по структуре массивов информации – все это затрудняет и удорожает сбор данных и оперирование ими [Нестик, 2019; Савицкая, 2017]. Из публикаций по БД можно сделать вывод о том, что в последнее десятилетие

бурно развиваются технологии сбора и обработки БД в различных подсистемах культуры, при этом значительно вырос запрос на их использование в образовании. Однако, как отмечают многие специалисты, указанные явления не сопровождаются разработкой теоретико-методологических инструментов интегративного характера, поэтому использование БД во всех сферах, в том числе в образовании, совершается в значительной мере стихийно. При использовании БД в образовании сохраняется немало организационных и этических проблем. Например, нет определенности в том, какие действия следует предпринимать, если по результату анализа данных выяснится, что для обучающегося нужна иная траектория, особое внимание со стороны преподавателей, а альтернативы отсутствуют. Кроме того, не каждый ученик, абитуриент, студент согласится с тем, чтобы все его персональные данные стали доступны преподавателям или будущим работодателям [Адольф, 2012; Захарова, 2017]. Однако при всей разносторонней сложности использования БД в образовании есть примеры того, как на основе рационального использования они становятся эффективным инструментом повышения качества образовательного процесса, а негативные составляющие редуцируются.

По мнению ряда авторов [Нестик, 2019; Cheung, 2016], большие объемы данных создают иллюзию их полноты, хотя на самом деле они не обеспечивают репрезентативности и регулярности охвата, при этом формулировка задач и интерпретация аналитиком результатов анализа больших массивов данных не свободны от когнитивных искажений (а некоторые из них становятся даже более вероятными, чем при работе с малыми данными). Однако психологи могут предложить новый взгляд на то, как собираются данные (если они являются новыми), имеют ли измерения хорошие психометрические свойства и какие статистические модели могут быть использованы для анализа данных [Chen, 2016; Harlow, 2016]. Таким образом, роль психологии может даже возрасти в эпоху БД, что означало бы сдвиг парадигмы от БД, применяемых к психологии, к психологии, применяемой в ходе получения и обработки БД [Cheung, 2016; Giusino, 2019].

На основе анализа массивов данных осуществляется персонализация обучения, повышение качества преподавания, разработаны системы отбора поступающих в вузы и профессиональной ориентации будущих специалистов [Кузнецов, 2019; Левиев, 2015; FitzGerald, 2018]. В концептуальном

плане различают *дескриптивную аналитику* – составление объективного и максимально точного описания текущей ситуации; *предикативную аналитику* – для предсказания событий на основе сопоставления данных за прошедший и текущий период; *прескриптивную аналитику* – на ее основе могут быть даны рекомендации, в каком направлении следует изменить учебную траекторию [O'Farrel, 2017].

Системы адаптивного обучения

В структуре САО, как правило, объединены три основные модели: модель предметной области (*domain/content model*), модель студента (*user/learner model*) и модель адаптации (*adaptation/instructional model*) [Адольф, 2012; Царев, 2016; Paramythis, 2004; Shute, 2003; White, 2020]. *Модель предметной области* хранит данные о дисциплине (учебные темы, проекты студентов, гиперссылки на связанные источники информации, структуры взаимосвязей между элементами дисциплины) и описывает переходы между элементами дисциплины на основе данных об уровне подготовленности студента. *Модель студента* – знания обучающегося по отдельной теме или всей дисциплине предметной области; характеристики студента (в том числе его стиль обучения); сведения о понимании предмета студентом (ответы на задания по курсу, прогресс по изучаемой дисциплине и т. д.). Кроме того, в модели студента учитывают некоторые его поведенческие характеристики (виды мотивации, предпочтения формы освоения учебного материала). В *модели адаптации* закреплены варианты инструктирования студента, порядок предъявления заданий и предусмотренных «объектов обучения» (Learning objects) [Shute, 2003].

В модели предметной области, как правило, выделяют модули *содержания курса* и *системы предоставления знаний* (последовательности предъявления заданий и информации). В модели студента также выделяют два модуля: информация, связанная с предметной областью, и не связанная с ней [Царев, 2016; Esichaikul, 2011]. В первом структурирована информация об уровне знаний студента, в том числе о понимании им предмета или отдельных его разделов, о допущенных студентом ошибках, о прогрессе в изучении предметной области и др. Во втором модуле представлена информация о психологических характеристиках, в том числе о целях обучения, когнитивных способностях, мотивации, предпочтениях и др [Адольф, 2012; Царев, 2016].

В адаптивной образовательной системе могут быть реализованы три возможных сценария: (1) контента, (2) задания, (3) порядка представления учебных материалов. По сценарию (1) система анализирует ответ студента на задание и в случае ошибки предлагает ему подсказки или дополнительные учебные материалы (тексты, инструкции, видеозаписи лекций, возможность обратиться к преподавателю). По сценарию (2) после получения ответа на задание от студента системы предлагают ему выполнить следующее задание, а не обратиться к дополнительным материалам. Если студент отвечает на вопрос верно, ему будет предложено более трудное задание. На основе ответов студента после каждого задания пересчитывается его уровень подготовленности. По сценарию (3) система осуществляет сбор данных, их анализ и предоставление учебных материалов студенту. Переменными являются ответы студентов на задания, число попыток, использование интерактивных ресурсов, чтение учебных материалов и др. На основе анализа собранной информации система подбирает наиболее релевантный для студента контент [Вилкова, 2020; Царев, 2016].

Использование САО в учебном процессе может стать полезным источником данных для научных исследований. В частности, в ходе наблюдений за функционированием САО есть возможность получить сведения об эффективности обучения (через анализ непрерывного потока интеллектуальной обратной связи с пользователем, системой и преподавателем), индивидуальных последовательностях учебного плана и связанного с ним опыта обучения для каждого студента, об индивидуализированном темпе обучения, регуляции когнитивной нагрузки, повышении заинтересованности студентов посредством игровых компонентов обучения [Intelligent, 2021].

Среди *проблем* адаптивных образовательных систем выделяют следующие [Нестик, 2019]:

- адаптивные образовательные системы ограничены теми областями знаний, изучение которых включает в себя работу с числовой информацией, формулами и символами (дисциплины STEM), тогда как в гуманитарных дисциплинах зачастую затруднительным является процесс построения модели предметной области, поскольку часть учебных курсов невозможно перевести в адаптированный формат;

- для функционирования адаптивной образовательной системы необходимо разработать большое количество учебного материала, кото-

рый будет подходить студентам с разным уровнем подготовленности;

– сложившаяся система администрирования и создания учебных курсов затрудняет обеспечение их связанности между собой;

– необходимость значительных денежных и временных ресурсов;

– административно-организационные проблемы.

Для построения модели студента используется набор сведений об обучающемся. Если некоторые из них измерить достаточно просто (например, предшествующий опыт обучения), то измерение других характеристик сопряжено с рядом методологических, организационных и морально-этических трудностей. Помимо доказательства эффективности адаптивных образовательных технологий, существует несколько направлений развития адаптивного обучения. В первую очередь, это создание адаптивных курсов по дополнительным направлениям, отличным от дисциплин STEM. Важным этапом в развитии адаптивного обучения станет возможность делать более точные предсказания о поведении студента на основе дополнительных измерений. Среди них эксперты выделяют такие психологические характеристики, как мышление по аналогии, саморефлексию, навыки решения задач и совместной работы [Нестик, 2019; FitzGerald, 2020].

Разработка и совершенствование CAO

Вопросы разработки, совершенствования и использования CAO охватывают многие области научного знания, его отраслей и дисциплин, а также многих других компонентов культуры. Ведущие позиции в теории и практике CAO занимают инженерно-технологические дисциплины, притом что эти системы предназначены для реализации в гуманитарной сфере и научно-гуманитарная проблематика актуальна не только при использовании CAO, но и при их разработке. В концептуальном плане исследования по CAO является примером взаимодействия естественно-научной (сциентистской) и гуманитарной парадигм в человековедении. Ранее мы писали, что для

повышения эффективности такого взаимодействия необходимы логически релевантные (то есть вписывающиеся в сциентистскую парадигму) теоретические модели, применимые к широкому кругу предметов, изучаемых в рамках гуманитарной парадигмы [Балл, 2014]. Логически релевантные модели, как аргументированно утверждал Г. А. Балл, необходимы также для повышения логического совершенства самого научного гуманитарного дискурса [Мединцев, 2017]. Такая теоретическая модель для описания и разработки CAO, в частности, может быть построена на основе разработанного нами теоретико-множественного метода описания процессов [Балл, 2016].

Для описания процессов взаимодействий в CAO понятийными средствами ТМ-метода определим исходные составляющие ее теоретической модели:

CAO – система адаптивного обучения;

O – компоненты системы образования, педагогической науки и практики;

П – компоненты психологической науки и практики;

Д – компоненты, относящиеся к другим подсистемам культуры;

Процессы в структуре CAO будем описывать как отображения множеств (см. [Балл, 2016, с. 9-21]);

$A : B \rightarrow B$,

где A – компонент, определяющий законы происходящих изменений (функциональный компонент отображения, «регулятор»);

B – компонент, являющийся источником изменений (прообраз);

B – компонент, измененный в результате данного процесса (образ).

Из всех возможных процессов между компонентами CAO, O, П, Д выберем те, которые результируют изменения CAO (результирующие компоненты ниже обозначены индексом 1). Получим 16 процессов, которые объединим в 4 группы по функциональному компоненту записи отображения (подстрочными индексами обозначены составляющие CAO).

CAO : O → CAO11

CAO : П → CAO21

CAO : Д → CAO31

CAO : CAO → CAO41

O : O → CAO51

O : П → CAO61

O : Д → CAO71

O : CAO → CAO81

П : O → CAO91

П : П → CAO101

П : Д → CAO111

П : CAO → CAO121

Д : O → CAO131

Д : П → CAO141

Д : Д → CAO151

Д : CAO → CAO161

Результатом этих процессов является компонент CAO (CAO₁₁ ... CAO₁₆₁). В процессах 1-2 ре-

гуляторами изменений являются компоненты прототипов CAO. Их регуляция обеспечивает сочета-

ние преемственности структуры САО и ее усовершенствование за счет внедрения новых элементов и исключения устаревших, а также вносит ограничения на использование тех или иных компонентов образовательного и дидактического содержания. В процессах 5-2 регуляторами изменений являются компоненты системы образования. Их регуляция задает САО характеристики, которые соответствуют действующим образовательным стандартам и в определенной мере персонализации обучения. В процессах 9-12 регуляторами изменений являются компоненты психологической науки и практики. Их регуляция задает САО характеристики, которые соответствуют действующим психолого-педагогическим требованиям к персонализации обучения. В процессах 13-26 регуляторами изменений являются другие компоненты культуры. Их регуляция придает САО свойства, не предписываемые заданием на проектирование. К их числу можно отнести, в частности: социально-экономические изменения; внеплановое расширение или сужение технических возможностей в разработке САО; актуальные события в гуманитарной сфере культуры, которые необходимо учесть в структуре САО.

Общим во всех группах указанных процессов является то, что в них происходит внесение элементов прототипов САО, системы образования, психологической науки и практики, других отраслей науки и практики в разрабатываемый (или усовершенствованный) вариант САО. Рассмотрим вклад этих компонентов.

Образование. Из числа компонентов образовательной системы (О) при разработке САО могут быть учтены новые требования к структуре САО, изменения состава обучающихся в групповых занятиях, содержание основного и вспомогательного учебного материала и др. Использование БД по системе образования в перечисленных процессах может быть осуществлено с целью широко понимаемой персонализации содержания САО – от групповой (возрастная категория обучающихся, профессиональная специализация, показатели успеваемости и др.) до индивидуальной (при наличии массивов персональных данных обучающихся). Такими данными могут служить:

- информация о поисковых запросах в Интернете, хронологии работы с веб-ресурсами, включая протоколы тестирования, размещения или редактирования контента и др.;
- данные о взаимодействии студентов с электронными системами обучения (электронными учебниками, онлайн-курсами), а также данные с

прогнозами траектории освоения учебного материала.

Все эти данные могут быть представлены в виде персональных профилей обучающихся на основе полной информации, связанной, в том числе, с изучением различных дисциплин, выполнением разнообразных учебных заданий и проектов.

Психология. Из компонентов психологического знания и практики (П) при разработке САО могут быть учтены

- обновленные знания в области социальной и педагогической психологии, консультативной и психотерапевтической практики;

- психологические критерии отбора в группы для совместной работы в САО, показатели психологического здоровья участников групп и др.

Из БД, относимых к психологическому знанию, в рассматриваемых процессах могут быть использованы результаты исследований психологических феноменов, использующие «цифровые следы» и алгоритмы машинного обучения, которые позволяют анализировать неструктурированные текстовые и визуальные данные без проведения опросов. К таким результатам можно отнести, в частности:

- социально-психологические характеристики контингента, на который рассчитана САО;

- психологические критерии отбора в группы для совместной работы в САО;

- показатели психологического здоровья участников групп (в том числе для планирования интеллектуальной и эмоциональной нагрузки).

Другие. Из компонентов других областей культуры (Д) при разработке САО могут быть учтены

- новые нормативные и организационные материалы (в том числе касающиеся использования технических средств и интернет-ресурсов);

- новинки инженерии и технологии;

- фрагменты гуманитарного знания, еще не введенного в учебные программы;

- массивы БД, касающиеся любых областей культуры, помимо образования и психологии.

Из массивов БД, накопленных в других областях культуры, при разработке САО как компоненты процессов могут быть использованы

- представленные в режиме реального времени данные социально-экономического характера; новости науки и техники, метеорологические, астрономические и т. д.;

- массивы справочных данных по всем отраслям знания;

- онлайн-сервисы виртуальной реальности и игровые платформы.

CAO. Из структур прототипов (CAO) в разрабатываемой системе могут быть использованы

– структуры существующих синтетических образовательных сред и интернет-сервисов, в том числе освоенных разработчиками;

– результаты анализа БД, связанных с использованием различных CAO.

Как сказано выше, в структуре современных CAO объединены три основные аппаратные модуля: модуль предметной области (МПО), модуль студента (МС) и модуль адаптации (МА). Распределим рассмотренные выше процессы 1-26 по их реализации в указанных модулях. В процессе 1 происходит внедрение элементов образовательной

CAO₁ = МПО₁

CAO₂ = МС₂

CAO₃ = МПО₃

CAO₄ = МА₄

CAO₅ = МПО₅

CAO₆ = МПО₆

CAO₇ = МС₇

CAO₈ = МА₈

системы в разрабатываемую CAO, и если учитывать только знаниевые компоненты образования, то результат этого процесса относится к содержанию модуля МПО (см. ниже МПО₁). В процессе 2 в разрабатываемую CAO внедряются элементы психологической науки и практики, что, в первую очередь, должно быть обеспечено модулем когнитивной модели студента (МС₂). Разработка и совершенствование модуля адаптации (МА) происходит в процессах 4, 8, 12, 16. В результате анализа всех рассматриваемых процессов получаем следующие сопоставления:

CAO₉ = МС₉

CAO₁₀ = МС₁₀

CAO₁₁ = МС₁₁

CAO₁₂ = МС₁₂

CAO₁₃ = МПО₁₃

CAO₁₄ = МС₁₄

CAO₁₅ = МПО₁₅

CAO₁₆ = МА₁₆

Теперь запись процессов 1-26 может быть трансформирована в запись взаимодействий между тремя типами модулей CAO. Распределение процессов по функциональным блокам МПО, МС и МА может быть и несколько другим, что определяют разработчики, исходя из своего понимания основного содержания каждого процесса, а также имеющихся технических возможностей. Для педагогов, осваивающих принципы работы CAO основной интерес представляют процессы представления знаний студенту и оценка их усвоения, а для психологов, полагаю, важнейшими компонентами CAO являются модули адаптации и их эффективность, поэтому рассмотрим реализацию в CAO принципа адаптации.

Реализация принципа адаптации при функционировании CAO

В описаниях принципов работы CAO адаптацию, как правило, подразумевают как способность системы «адаптироваться к студенту» – осуществлять персонализацию при выборе учебных заданий и последовательности их предъявления. С учетом психологической и дидактической значимости процессов адаптации при проектировании CAO, имеет смысл рассматривать их методологически более строго, в частности системологически как «универсальный характер тенденции к установлению равновесия между компонентами реальных систем» [Балл, 1989, с. 92]. В рамках предлагаемого подхода CAO будем рассматривать как среду, в которой действует студент, что соответствует концептуализациям образовательных систем как пространств или сред. Примем трактовку адаптации из цитированной работы: «В рас-

сматриваемой материальной системе часто можно выделить активную подсистему (например, организм или субъекта) и среду, в которой эта подсистема функционирует. Тенденция к установлению равновесия в процессе их взаимодействия <...> как раз и описывается с помощью понятия адаптации в его широкой трактовке» [Балл, 1989, с. 93]. В CAO активной подсистемой является студент, с его стороны происходит адаптация к CAO для достижения равновесного состояния. Равновесные состояния могут быть более или менее продолжительными (их изучают в дисциплинах синергетики, в частности в нелинейной динамике), нарушение равновесия может быть вызвано или изменениями внутри одной из систем, или внешним воздействием, после чего возобновляются адаптационные процессы вплоть до достижения новой фазы равновесия.

Для формализованного описания реализации принципа адаптации при функционировании CAO будем рассматривать процессы взаимодействия ее модулей (см. выше) и обучаемого студента (С), в обобщенной записи это структура

{МПО; МС; МА; С}.

Адаптационные процессы в этой структуре разделим на 5 этапов.

Этап 1. Систему активизирует студент или преподаватель, CAO предлагает студенту выполнить задания по изучаемой теме. Процессы на этом этапе результируют в модуле МПО задание или блок заданий (МПО₁) для студента

{МПО; МС; МА} : {МПО; МС; МА} → МПО₁.

В процессах этого этапа студент как активная система не участвует, результат процессов основан на его когнитивной модели, изменения в модулях МС и МА не происходят.

Этап 2. Студент воспринимает предложенные задания, выполняет их, вводит информацию в САО:

$$C : \{МПО1; C\} \rightarrow \{МПО2; C2\}.$$

В модуль МПО введена новая информация (МПО1 \rightarrow МПО2), в результате выполнения заданий изменения претерпевают когнитивная и эмоциональная сферы психики студента ($C \rightarrow C2$).

Этап 3. Система анализирует результаты выполнения студентом этапа 2, по результату анализа она вносит изменения в содержание модулей (МС3; МА3), формирует (или выбирает из имеющегося набора) структуру второго пакета заданий (МПО3) и предъявляет их студенту:

$$\{МПО2; МС; МА\} : \{МПО2; МС; МА\} \rightarrow \{МПО3; МС3; МА3\};$$

Этап 4. Студент воспринимает предложенные задания и выполняет их ($C4$), вводя требуемую информацию в САО (МПО4):

$$C2 : \{МПО3; C2\} \rightarrow \{МПО4; C4\}.$$

Этапы 2-2 могут быть повторены для всех предусмотренных заданий или тех, которые выполнены недостаточно удовлетворительно – в зависимости от выбранной разработчиками методологии обучения.

Этап 5 (любой завершающий). САО генерирует данные об успешности выполнения студентом всего пакета заданий, предъявляет их преподавателю и студенту:

$$\{МПО4; МС4; МА4\} : \{МПО4; МС4; МА4; C4\} \rightarrow \{МПО5; МС5; МА5; C5\}.$$

В структуре САО может быть предусмотрено два канала информирования по завершению сеанса обучения – для студента и, более полно, для преподавателя. Во втором канале информации могут быть рекомендации по содержанию и оптимальной форме дальнейшего обучения данного студента на основе обновленного содержания модулей предметной области, когнитивной модели студента и модели адаптации.

Этапы функционирования САО можно рассмотреть в схематизме процессов адаптации как последовательности нарушения и восстановления равновесия в системе «САО – студент». В процессах взаимодействия обе активные системы (САО и

студент) проявляют адаптационные свойства: САО персонализирует содержание и подачу учебного материала для студента, а студент выполняет требования САО и, таким образом, адаптируется к ней. Совершенствование адаптивной «гибкости» САО в значительной мере связано с объемом и качеством информации о студентах, в том числе используемых массивов БД. Существенно повысить адаптационные свойства системы можно путем дополнения *объективной* (полученной на основе ИТ) информации той, которой располагает педагог о своих учениках, – уровне подготовленности, психологическом здоровье и др.

Помимо административных и финансовых трудностей, при разработке и применении САО наиболее актуальными остаются проблемы построения модели предметной области для гуманитарных дисциплин, а также формирования значительного объема учебных курсов для студентов с различным уровнем их подготовки, психологическими паттернами освоения учебного материала. Изучение и оценка достижений по различным дисциплинам на основе ИКТ постоянно совершенствуются, и это совершенствование в значительной мере обусловлено использованием обширного педагогического опыта и пониманием содержания протекающих в САО процессов.

Заключение

Внедрение в систему образования ИКТ происходит уже несколько десятилетий, используемые технические решения совершенствуются, расширяются сферы их применения в различных составляющих образовательных систем, но также актуализируются новые педагогические, психологические, организационные и другие проблемы. Среди исследований по синтетическим учебным средам одним из активно развивающихся направлений является совершенствование САО. Сегодня на образовательном рынке представлены и конкурируют различные модели таких систем, однако препятствиями их широкого использования в образовании (особенно во всеобщем) являются недостатки технического, административного и экономического характера, а также ограниченные адаптационные возможности, по сравнению с возможностями живого педагогического общения.

Есть основания полагать, что существенного прогресса в образовательной подсистеме культуры можно добиться за счет расширения методологической базы исследований по проблематике САО, поскольку в образовательные процессы вовлечены огромные массивы информации о компонентах человеческой культуры, то есть Big Data,

которые при использовании в обучении должны быть структурированы так, чтобы минимизировать искажения их содержания и обеспечить как можно более высокий уровень фасилитации освоения учебного материала студентами. В педагогической психологии проблемы и методы фасилитации обучения сохраняют актуальность уже много десятилетий, и адаптивные свойства ИКТ-систем обучения принципиально необходимы для такой фасилитации. Следует также отметить, что по мере «вытеснения» ИКТ-системами педагогического общения происходит трансформация (или даже элиминация) другой важной составляющей образования – воспитательной. Поиск технологических решений, позволяющих сохранить в обновленном качестве эту функцию, – задача ближайших совместных исследований педагогов, психологов и инженеров.

Представленный в этой статье методологический подход может стать одним из инструментов углубленного теоретико-методологического анализа процессов обучения с использованием САО, в том числе их адаптивных свойств, и нахождения рациональных решений для широкого круга образовательных задач.

Библиографический список

1. Адольф В. А. Развитие личностного потенциала студента в процессе профессиональной подготовки / В. А. Адольф, О. П. Журавлева // Сибирский педагогический журнал. 2012. № 2. С. 21-26.
2. Балл Г. А. Понятие адаптации и его значение для психологии личности // Вопросы психологии. 1989. № 1. С. 119-122.
3. Балл Г. А. Медиаторы межпарадигмального взаимодействия в исследованиях культуры / Г. А. Балл, В. А. Мединцев // «Психология третьего тысячелетия»: I Международная научно-практическая конференция: сборник материалов. Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2014. С. 22-26.
4. Балл Г. А. Теоретико-множественный метод описания процессов и его применение в психологии: монография / Г. А. Балл, В. А. Мединцев. Киев: Педагогічна думка, 2016. 88 с.
5. Вилкова К. А. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против / К. А. Вилкова, Д. В. Лебедев. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. Москва: НИУ ВШЭ, 2020. 36 с.
6. Захарова И. Г. Big Data и управление образовательным процессом // Вестник Тюменского государственного университета. Гуманитарные исследования. Humanitates. 2017. Том 3. № 1. С. 210-219. DOI: 10.21684/2411-197x-2017-3-1-210-219.
7. Кузнецов Н. В. Онлайн-образование: ключевые тренды и препятствия // E-Management. 2019. № 1. С. 19-25.
8. Левиев М. 5 способов применить Big Data в образовании. 12.11.2015. URL: <http://www.edutainme.ru/post/big-data-edu/> (Дата обращения: 21.01.2021).
9. Мединцев В. А. Основные системологические идеи Г. А. Балла в психологии и человековедении // Перспективы психологической науки и практики: сборник статей Международной научно-практической конференции. РГУ им. А. Н. Косыгина, 16 июня 2017 г. / под ред. В. С. Белгородского, О. В. Кашеева, И. В. Антоненко, И. Н. Карицкого. Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2017. С. 91-94.
10. Нестик Т. А. Анализ больших данных в психологии и социогуманитарных науках: перспективные направления исследований / Т. А. Нестик, А. Л. Журавлев // Психологический журнал. 2019. Том 40. № 6. С. 5-17. DOI: 10.31857/S020595920007306-2.
11. Петрищев И. О. Создание цифровой среды – путь повышения качества образования // Ярославский педагогический вестник. 2020. № 6 (117). С. 8-13. DOI 10.20323/1813-145X-2020-6-117-8-13.
12. Савицкая З. С. Big Data: новая траектория образования. URL: <https://rosuchebnik.ru/blog/big-data-tehnologii-v-obrazovanii/>. 28 Ноября 2017. (Дата обращения: 21.01.2021).
13. Царев Р. Ю. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды / Р. Ю. Царев, С. В. Тынченко, С. Н. Гриценко // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 219-219.
14. Azcona D. Personalizing computer science education by leveraging multimodal learning analytics / D. Azcona, I. H. Hsiao, A. F. Smeaton // 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE. 2018. pp. 1-9, DOI: 10.1109/FIE.2018.8658596.
15. Brown M. Educause Horizon Report Teaching and Learning Edition / M. Brown, M. McCormack, J. Reeves, D. C. Brook, S. Grajek, B. Alexander, K. Gannon // EDUCAUSE. 2020. P. 2-58.
16. Chen E. E. A practical guide to big data research in psychology / E. E. Chen, S. P. Wojcik // Psychological Methods. 2016. № 21(4). С. 458-474. DOI: 10.1037/met0000111.
17. Cheung M-L. Analyzing Big Data in Psychology: A Split/Analyze/Meta-Analyze Approach / M-L. Cheung, S. Jak // Front. Psychol. 2016. 7:738. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00738.
18. Esichaikul V. Student modelling in adaptive e-learning systems / V. Esichaikul, S. Lamnoi, C. Bechter // Knowledge Management and E-Learning. 2011. Vol. 3. № 3. P. 342-355.
19. FitzGerald E. Dimensions of personalisation in technology-enhanced learning: A framework and implications for design / E. FitzGerald, N. Kucirkova, A. Jones, S. Cross, R. Ferguson, C. Herodotou, G. Hillaire,

E. Scanlon // *British Journal of Educational Technology*, 2018. 49 (1), 165-181. Wiley. Retrieved August 7, 2020. DOI: 10.1111/bjet.12534.

20. Giusino D. Commentary: Principles Approaches and Challenges of Applying Big Data in Safety Psychology Research / D. Giusino, F. Fraboni, M. De Angelis, L. Pietrantonio // *Front. Psychol.* (2019). 10:2801. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.02801.

21. Harlow L. L. Big data in psychology: Introduction to the special issue / L. L. Harlow, F. L. Oswald // *Psychological Methods*. 2016. 21(4) 447-457. DOI: 10.1037/met0000120.

22. Intelligent Adaptive Learning: An Essential Element of 21st Century Teaching and Learning / DreamBox Learning. 2021. URL: <https://www.dreambox.com/white-papers/intelligent-adaptive-learning-an-essential-element-of-21st-century-teaching-and-learning> (Дата обращения: 21.01.2021).

23. Natriello G. The Adaptive Learning Landscape // *Teachers College Record*. 2017. Vol. 119. № 3.

24. O'Farrel L. Using Learning Analytics to Support the Enhancement of Teaching and Learning in Higher Education / Published by National Forum for the Enhancement of Teaching and Learning in Higher Education. August 2017. URL: <https://www.teachingandlearning.ie/publication/using-learning-analytics-to-support-the-enhancement-of-teaching-and-learning-in-higher-education/> (Дата обращения: 21.01.2021).

25. Paramythis A. Adaptive learning environments and eLearning standards / A. Paramythis, S. Loidl-Reisinger // *Electronic Journal of eLearning*. 2004. Vol. 2. № 1. P. 181-194.

26. Shute V. Adaptive e-learning / V. Shute, B. Towle // *Educational Psychologist*. 2003. Vol. 38. № 2. P. 105-114.

27. White G. Adaptive Learning Technology Relationship with Student Learning Outcomes // *Journal of Information Technology Education: Research*. 2020. № 19. P. 113-130. DOI: 10.28945/4526.

Reference list

1. Adolf V. A. Razvitiye lichnostnogo potenciala studenta v processe professional'noj podgotovki = Development of the student's personal potential in the training process / V. A. Adolf, O. P. Zhuravleva // *Sibirskij pedagogicheskij zhurnal*. 2012. № 2. S. 21-26.

2. Ball G. A. Ponjatie adaptacii i ego znachenie dlja psihologii lichnosti = The concept of adaptation and its significance for personality psychology // *Voprosy psihologii*. 1989. № 1. S. 119-122.

3. Ball G. A. Mediatory mezhparadigmal'nogo vzaimodejstvija v issledovanijah kul'tury = Mediators of interparadigmatic interaction in culture research / G. A. Ball, V. A. Medincev // «Psihologija tret'ego tysjacheletija»: I Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija: sbornik materialov. Dubna : Mezhdunarodnyj universitet prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna», 2014. S. 22-26.

4. Ball G. A. Teoretiko-mnozhestvennyj metod opisaniya processov i ego primenenie v psihologii = Theoretical-multiple method of describing processes and its application in psychology : monografija / G. A. Ball, V. A. Medincev. Kiev : Pedagogichna dumka, 2016. 88 s.

5. Vilkova K. A. Adaptivnoe obuchenie v vysshem obrazovanii: za i protiv = Adaptive education in higher education: for and against / K. A. Vilkova, D. V. Lebedev. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaja shkola jekonomiki», Institut obrazovanija. Moskva : NIU VShJe, 2020. 36 s.

6. Zaharova I. G. Big Data i upravlenie obrazovatel'nym processom = Big Data and educational management // *Vestnik Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye issledovanija = Humanitates*. 2017. Tom 3. № 1. S. 210-219. DOI: 10.21684/2411-197x-2017-3-1-210-219.

7. Kuznecov N. V. Onlajn-obrazovanie: ključevye trendy i prepjatstvija = Online education: key trends and obstacles // *E-Management*. 2019. № 1. S. 19-25.

8. Leviev M. 5 sposobov primenit' = Big Data v obrazovanii. 5 ways to apply Big Data to education 12.11.2015. URL: <http://www.edutainme.ru/post/big-data-edu/> (Data obrashhenija: 21.01.2021).

9. Medincev V. A. Osnovnye sistemologicheskie idei G. A. Balla v psihologii i chelovekovedenii = The main systemological ideas of G. A. Ball in psychology and human science // *Perspektivy psihologicheskoi nauki i praktiki : sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. RGU im. A. N. Kosygina*, 16 ijunya 2017 g. / pod red. V. S. Belgorodskogo, O. V. Kashheeva, I. V. Antonenko, I. N. Karickogo. Moskva : FGBOU VO «RGU im. A. N. Kosygina», 2017. S. 91-94.

10. Nestik T. A. Analiz bol'shih dannyh v psihologii i sociogumanitarnyh naukah: perspektivnye napravlenija issledovanij = Analysis of big data in psychology and sociohumanitary sciences: promising areas of research / T. A. Nestik, A. L. Zhuravlev // *Psihologicheskij zhurnal* 2019. Tom 40. № 6. C. 5-17. DOI: 10.31857/S020595920007306-2.

11. Petrishhev I. O. Sozdanie cifrovoj sredy – put' povyshenija kachestva obrazovanija = Creating digital environment is a way to improve the education quality // *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik*. 2020. № 6 (117). S. 8-13. DOI 10.20323/1813-145X-2020-6-117-8-13.

12. Savickaja Z. S. Big Data: novaja traektorija obrazovanija = Big Data: new trajectory of education. URL: <https://rosuchebnik.ru/blog/big-data-tehnologii-v-obrazovanii/>. 28 Nojabrja 2017. (Data obrashhenija: 21.01.2021).

13. Carev R. Ju. Adaptivnoe obuchenie s ispol'zovaniem resursov informacionno-obrazovatel'noj sredy = Adaptive learning using the resources of the information and education environment / R. Ju. Carev, S. V. Tynchenko, S. N. Gricenko // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2016. № 5. S. 219-219.

14. Azcona D. Personalizing computer science education by leveraging multimodal learning analytics / D. Azcona, I. H. Hsiao, A. F. Smeaton // 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). IEEE. 2018. pp. 1-9, DOI: 10.1109/FIE.2018.8658596.
15. Brown M. Educause Horizon Report Teaching and Learning Edition / M. Brown, M. McCormack, J. Reeves, D. C. Brook, S. Grajek, B. Alexander, K. Gannon // EDUCAUSE. 2020. P. 2-58.
16. Chen E. E. A practical guide to big data research in psychology / E. E. Chen, S. P. Wojcik // Psychological Methods. 2016. № 21(4). S. 458-474. DOI: 10.1037/met0000111.
17. Cheung M-L. Analyzing Big Data in Psychology: A Split/Analyze/Meta-Analyze Approach / M-L. Cheung, S. Jak // Front. Psychol. 2016. 7:738. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00738.
18. Esichaikul V. Student modelling in adaptive e-learning systems / V. Esichaikul, S. Lamnoi, C. Bechter // Knowledge Management and E-Learning. 2011. Vol. 3. № 3. P. 342-355.
19. FitzGerald E. Dimensions of personalisation in technology-enhanced learning: A framework and implications for design / E. FitzGerald, N. Kucirkova, A. Jones, S. Cross, R. Ferguson, C. Herodotou, G. Hillaire, E. Scanlon // British Journal of Educational Technology, 2018. 49 (1), 165-181. Wiley. Retrieved August 7, 2020. DOI: 10.1111/bjet.12534.
20. Giusino D. Commentary: Principles Approaches and Challenges of Applying Big Data in Safety Psychology Research / D. Giusino, F. Fraboni, M. De Angelis, L. Pietrantonio // Front. Psychol. (2019). 10:2801. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.02801.
21. Harlow L. L. Big data in psychology: Introduction to the special issue / L. L. Harlow, F. L. Oswald // Psychological Methods. 2016. 21(4) 447-457. DOI: 10.1037/met0000120.
22. Intelligent Adaptive Learning: An Essential Element of 21st Century Teaching and Learning / DreamBox Learning. 2021. URL: <https://www.dreambox.com/whitepapers/intelligent-adaptive-learning-an-essential-element-of-21st-century-teaching-and-learning> (Data obrashhenija: 21.01.2021).
23. Natriello G. The Adaptive Learning Landscape // Teachers College Record. 2017. Vol. 119. №3.
24. O'Farrel L. Using Learning Analytics to Support the Enhancement of Teaching and Learning in Higher Education / Published by National Forum for the Enhancement of Teaching and Learning in Higher Education. August 2017. URL: <https://www.teachingandlearning.ie/publication/using-learning-analytics-to-support-the-enhancement-of-teaching-and-learning-in-higher-education/> (Data obrashhenija: 21.01.2021).
25. Paramythis A. Adaptive learning environments and eLearning standards / A. Paramythis, S. Loidl-Reisinger // Electronic Journal of eLearning. 2004. Vol. 2. № 1. P. 181-194.
26. Shute V. Adaptive e-learning / V. Shute, B. Towle // Educational Psychologist. 2003. Vol. 38. № 2. P. 105-114.
27. White G. Adaptive Learning Technology Relationship with Student Learning Outcomes // Journal of Information Technology Education: Research. 2020. № 19. P. 113-130. DOI: 10.28945/4526.