

«Образование 4.0» в эпоху цифровой трансформации: пути повышения ее эффективности

Цель этой статьи — показать эволюцию и требования образовательной системы в эпоху 4-ой промышленной революции, выявить основные проблемы, определить актуальные направления дальнейших исследований.

Четвертая промышленная революция основывает свое развитие на интеллектуальных технологиях, искусственном интеллекте, больших данных, робототехнике и т.д. В новых условиях, перед учебными заведениями стоит задача подготовки успешных выпускников и новых способов обучения. Актуальность проблем, изложенных в настоящей статье, определяется главной целью высшего образования - подготовка квалифицированных человеческих ресурсов для экономики страны, создание и поддержание обширной передовой базы знаний, обеспечение личного развития выпускников учебного заведения. Именно качество высшего образования определяет качество человеческих ресурсов в стране. Для этого студентам необходимо овладеть широким набором компетенций в выбранной ими области обучения, постоянно расширять границы знаний во всех дисциплинах, развивать профессиональные навыки в области бизнеса, науки и новых технологиях.

Методология и методы исследования. В процессе исследования был осуществлен анализ научных публикаций за период 2012–2022 годы (плюс начало 2023 года), размещенных в базах данных: Springer Link, IEEE Xplore, ACM, Science Direct, Google Scholar, а также в научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru.

В процессе исследования были использованы общенаучные методы: аналитический обзор проблемы, методы синтеза, индукции, применены методы сравнительного анализа, обобщения и системного подхода в вопросах использования методов интел-

лектуального анализа в системах электронного образования, использовались научные публикации последних 20 лет.

Результаты и научная новизна. В нашем исследовании были определены наиболее распространенные задачи, используемые в EDM, а также те, которые являются наиболее перспективными в будущем. Осуществленный в работе теоретический анализ основных ключевых тенденций «Образования 4.0», позволил выявить основные характеристики образования. Было показано, что образование должно стать более индивидуализированным и адаптированным к возможностям обучаемого. В результате проведенного исследования выявлены наиболее характерные задачи Data Mining в образовании, показаны пути его совершенствования и повышения качества.

Практическая значимость. В настоящее время образовательные учреждения стремятся улучшить свое обучение и преподавание путем анализа данных, собранных во время учебы студентов, разрабатываются новые механизмы на основе данных и совершенствуют интересные модели, которые могут помочь улучшить академические результаты, стимулировать мотивацию учащихся и избежать их отсева.

Полученные результаты можно использовать в качестве информационного материала в дальнейших исследованиях, связанных с изучением развития системы образования в эпоху «Индустрии 4.0». Ожидается, что полученные результаты могут быть использованы специалистами, руководителями и преподавателями для улучшения образовательной деятельности.

Ключевые слова: Образование 4.0, гибкая модель обучения, персонализированное обучение, проектное обучение, Data Mining в образовании.

Firudin T. Aghayev, Gulara A. Mammadova, Rena T. Melikova

Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

“Education 4.0” in the Era of Digital Transformation: Ways to Improve Its Efficiency

The purpose of this article is to show the evolution and requirements of the educational system in the era of the fourth industrial revolution, to identify the main problems, to identify current areas for further research.

The fourth industrial revolution bases its development on smart technologies, artificial intelligence, big data, robotics, etc. In the new conditions, educational institutions are faced with the task of preparing successful graduates and new ways of learning. The relevance of the problems outlined in this article is determined by the main goal of higher education is to prepare qualified human resources for the country's economy, create and maintain an extensive advanced knowledge base, and ensure the personal development of graduates of an educational institution. It is the quality of higher education that determines the quality of human resources in a country. To do this, students need to master a wide range of competencies in their chosen field of study, constantly expand the boundaries of knowledge in all disciplines, and develop professional skills in business, science and new technologies.

Methodology and research methods. During the study, an analysis of scientific publications for the period 2012–2022 (plus the beginning

of 2023) was carried out, posted in the databases: Springer Link, IEEE Xplore, ACM, Science Direct, Google Scholar, as well as in the scientific electronic library eLIBRARY.ru.

In the course of the study, general scientific methods were used: an analytical review of the problem, methods of synthesis, induction, methods of comparative analysis, generalization and a systematic approach were applied to the use of intellectual analysis methods in e-education systems, scientific publications of the last 20 years were used.

Results and scientific novelty. Our research has identified the most common tasks used in EDM, as well as those that are the most promising in the future. The theoretical analysis of the main key trends of “Education 4.0” carried out in the paper made it possible to identify the main characteristics of education. It was shown that education should become more individualized and adapted to the abilities of the learner. As a result of the study, the most characteristic tasks of Data Mining in education were identified, ways of its improvement and quality improvement were shown.

Practical significance. Currently, educational institutions are striving to improve their learning and teaching by analyzing data

collected during students' studies, developing new databased mechanisms and improving interesting models that can help improve academic outcomes, stimulate student motivation and avoid dropouts.

The results obtained can be used as information material in further research related to the study of the development of the education

system in the era of "Industry 4.0". It is expected that the results obtained can be used by specialists, managers and teachers to improve educational activities.

Keywords: Education 4.0, flexible learning model, personalized learning, project-based learning, Data Mining in education.

Введение

Технологические достижения последних десятилетий привели к важным изменениям в обществе. В «Образовании 4.0» информация становится повсеместно доступной, а процесс преподавания и обучения — динамичным. Важной составной частью системы образования будет являться электронное обучение. У студентов появится возможность учиться в своем собственном темпе, они будут использовать свое собственное сочетание средств обучения и методологии с использованием различных устройств, программ и методов в зависимости от их собственных предпочтений. И одним из основных атрибутов «Образования 4.0» явится персонализация образования с широким использованием интеллектуальных обучающих технологий.

Четвертая промышленная революция внесла значительные изменения во все сферы человеческой деятельности, в т. ч. и в сферу образования. На смену образованию 3-го поколения пришло образование четвертого поколения — Образование 4.0 (Education 4.0). С его появлением полностью меняется концепция образования, появляются новые тенденции. Благодаря новым интерактивным средствам обучения, образование перестает зависеть от времени и пространства, студенты имеют возможность учиться где угодно и когда угодно [1]. Обучение стало более адаптированным к возможностям обучаемых и индивидуализированным [2].

В образовании 4.0 каждому студенту будет рекомендована гибкая модель обучения, при

которой, преподаватели могут использовать онлайн-данные для отслеживания и измерения результатов своих учеников, а затем предоставлять индивидуальные рекомендации, основанные на конкретных сильных и слабых сторонах обучаемых. При успешной образовательной ориентации, каждый обучаемый станет более успешным в тех областях, к которым он предрасположен, и разовьет свои слабые стороны благодаря собственному гибкому плану обучения.

Для подготовки студентов к будущей практической работе, необходимо ознакомить их с проектным обучением, при котором появляется возможность применить полученные знания в реальном проекте [3–4]. Проектное обучение научит студентов применять свои навыки в различных ситуациях, включая такие навыки, как организация, работа в команде, управление временем и проектами. Студент превратится в самодостаточного человека, эффективно использующего свои таланты во многих областях, особенно в технологиях.

Образование 4.0, основанное на проекте, способствуют преобразованию теоретических знаний в практический опыт и максимально точно воспроизводит реальный мир. Благодаря обучению на основе проектов, студенты на протяжении всей академической карьеры могут развить себя в областях, имеющих большое практическое значение и улучшить свои способности при решении проблем, сотрудничестве и командной работе, тайм-менеджменте.

С каждым днем мир технологически развивается. Когда выпускники покидают уни-

верситет, они могут не знать своей будущей профессии, но они будут очень хорошо разбираться в технологиях и смогут реагировать на глобальные потребности Индустрии 4.0. Для этого им необходимо овладеть компетенциями для работы с данными (разработка, управление, сбор, обработка и интерпретация). В качестве одного из важных требований Образования 4.0 является то, что студенты должны научиться распознавать тенденции в изучаемых данных и на их основе разрабатывать рекомендации. В результате они должны научиться подходить к стандартным данным с нетривиальной точки зрения.

В будущем математика сохранит свое место в нашей жизни, но на этот раз, эти операции будут выполнять роботы, а не люди. Современные компьютеры могут выполнять все математические действия, которыми должны овладеть учащиеся. Наряду с овладением компьютерных навыков, все большее значение будет приобретать умение учащихся анализировать и интерпретировать полученные данные. Интерпретация данных для обнаружения тенденций и логических выводов станет тенденцией будущего [5]. Задача учащихся будет заключаться в том, чтобы сделать выводы на основе полученных данных.

В нынешней системе образования учащиеся сдают экзамен в форме вопросов и ответов. По мнению многих педагогов, эта система работает только в краткосрочной перспективе. После экзамена студенты очень быстро забывают заученную информацию. В Образовании 4.0 основное внимание будет уделяться оце-

ниванию полученных знаний, а не экзаменам [6]. Оценивание знаний будет полностью изменено. Применение полученных знаний и овладение навыками будет проверяться на всем периоде обучения, а не на одном экзамене. Это будет делаться для того, чтобы выпускники университетов могли использовать полученные знания как только они приступят к профессиональной деятельности.

В Образовании 4.0 учащиеся будут участвовать в создании учебных программ. Поддержка современной, актуальной и полезной учебной программы будет важна как для профессионалов, так и для студентов. В настоящее время учебные программы содержат некоторый объем информации, который уже невозможно применить к реальным условиям. Вклад студентов в содержание своих курсов поможет создать комплексную учебную программу, соответствующую их интересам. Это означает, что в будущем учебные программы будут составляться преподавателями и учащимися вместе. Студенты станут хозяевами своего обучения, у них будет возможность принимать активное участие при разработке учебных программ и целей обучения. Вклад студентов в содержание и долговечность своих курсов является обязательным условием всеобъемлющей учебной программы.

Считается, что через 20 лет процесс обучения студентов будет иметь более самостоятельную форму. В этой форме, наставничество приобретет все большее значение, т.е. преподаватели будут играть ключевую роль в образовании как наставники. Преподавателям и другим специалистам в области образования придется больше работать в качестве наставников и тренеров для студентов. В этой роли педагоги окажут ценную услугу, помогая студентам наметить путь в лабиринте доступной им информации.

Применение методов Data Mining в электронном образовании

В последний период времени резко увеличилось использование компьютерных технологий в сфере образования, в информационных системах учебных заведений накопился большой объем информации об учащимся и преподавателях (полученные оценки, посещаемость, научная деятельность и т.д.). Источниками образовательных данных в электронном образовании являются оценки студентов на экзаменах, ответы на тестовые задания, учебный контент, файлы регистрации действий студентов в сети, анкетные данные, учебные программы дисциплин, взаимодействия в социальных сетях и т.д.

В связи с этим, возникла необходимость анализа такого огромного потока данных, выявления в них закономерностей и взаимосвязей для принятия эффективных решений в образовательной сфере. Для решения этих задач используется интеллектуальный анализ образовательной информации (Educational Data Mining – EDM).

Методы и инструменты EDM предназначены для автоматического извлечения содержания из больших хранилищ данных, созданных в результате учебной деятельности людей в образовательных учреждениях и могут быть использованы для принятия управляющих воздействий по улучшению образовательного процесса [7–8].

Основными целями применения методов интеллектуального анализа данных в образовании являются:

- улучшение образовательного процесса путем принятия своевременных управленческих решений в сфере образования;
- управление образовательной траекторией студентов;

– улучшение методики оценивания знаний студентов;

– выявление неявных взаимосвязей между полученной в процессе обучения образовательной информацией и приобретенными умениями и навыками учащихся;

– оптимизация обновления учебных программ по предметам;

– увеличение числа выпускников;

– повышение качества образования и т.д.

Применение EDM предоставит дополнительные возможности как для обучающихся, так и преподавателей.

Для обучающихся:

– Позволит им ставить собственные цели, двигаться в своем темпе и взаимодействовать с коллегами и преподавателями.

– Обучение станет личностно-ориентированным, будут учитываться личностные характеристики и особенности развития каждого обучающегося, будут разрабатываться индивидуализированные учебные программы для прохождения практических занятий, выполнения лабораторных, курсовых работ, научной и исследовательской деятельности.

– В соответствии со своими реальными потребностями, учащиеся могут выбирать соответствующий контент, контролировать скорость обучения, применять разумные стратегии обучения и получать определенные учебные ресурсы.

– Для реализации совместного обучения в сети студенты могут исследовать и передавать учебный контент с помощью различного удобного программного обеспечения.

Для преподавателей:

– На основе анализа образовательных данных (ответы студентов на тестовые задания, экзаменационные оценки и др.), преподаватель будет иметь представление об уровне знаний студентов, сложностях и проблемах, которые они ис-

пытывают в процессе обучения. Полученная информация позволит преподавателю улучшить образовательную практику и учебные программы.

– Методы EDM предоставят преподавателям лучшие методы и приемы для облегчения работы, позволят им лучше общаться с обучаемыми, делать это более эффективно и быстро. Сократится административная нагрузка, автоматизируются и модернизируются определенные процессы и методы обучения.

– Преподавателю в автоматизированном режиме будет предоставлена обратная связь с обучаемым, которая позволит ему оценить структуру и содержание курса, проанализировать элементы, которые оказались эффективными при обучении, оценить процесс обучения, улучшить учебную среду, обеспечить индивидуальную помощь каждому учащемуся в соответствии с его потребностями.

– Используя экзаменационные оценки, ответы тестов, участие в форумах и исследовательской деятельности, у преподавателя появится возможность разделить студентов на группы – по уровню восприятия информации. Содержание обучения станет адаптированным к когнитивным возможностям учащихся каждой группы, а образовательный процесс будет настраиваться под конкретного обучаемого. Этот процесс включает в себя обеспечение адаптированной и персонализированной среды обучения для отдельных групп студентов, доставки индивидуализированного учебного контента.

– В электронном образовании в автоматизированном режиме собирается детализированная информация о частоте и длительности просмотра учебного материала, ошибках при прохождении тестирования, выполненных контрольных заданиях. Вся эта информация

сохраняется в системе. Применение EDM позволит преподавателю адаптировать курс под конкретного студента. Если студент быстро справляется с контрольными заданиями и тестами, то ему будут предложены более сложные задания (факультативно). И наоборот, при большом количестве ошибок в тестовых заданиях, преподаватель может определить возможные причины неудач, возникающих у студентов и дать рекомендации для изучения дополнительного материала.

Применяя методы искусственного интеллекта в электронном образовании, можно традиционный контент учебника разбить на интерактивный контент, в котором педагоги могут настраивать контент в соответствии с требованиями и включать аудио- и видеоролики для создания реалистичной среды. Интеллектуальная система предоставляет контент электронного обучения в более персонализированном формате. Например, в процессе обучения, система может пропустить несколько модулей электронного обучения, и вернуться к ним позже, или использовать более комплексный, линейный подход для тех, кому все еще не хватает базовых знаний.

Интеллектуальная система обучения помогает эффективно преподавать определенные предметы, разрабатывать интеллектуальный, удобный и гибкий интерфейс для учащихся. Этот новый метод использует программу машинного обучения для имитации процесса обучения учащихся. Алгоритмы машинного обучения позволяют преподавателю предоставлять конкретный контент электронного обучения на основе прошлых результатов и индивидуальных целей обучения. Например, история онлайн-учащегося показывает, что он предпочитает тактильные виды электронного обучения. Тогда, система будет

автоматически корректировать курс электронного обучения, включив в него более серьезные игры и симуляции, которые являются кинестетическими по своей природе. Точно так же, онлайн-учащиеся, у которых есть определенные пробелы в навыках, получают целевые рекомендации, которые помогут развить соответствующие таланты и способности, приобретать соответствующие компетенции.

Искусственный интеллект может работать в качестве виртуального наставника. В интеллектуальной системе обучения студенты могут задавать системе вопросы, на которые они получают соответствующие ответы. Это помогает устранить соответствующие пробелы в обучении и создает учащимся улучшенную среду обучения.

Связанные работы: обзор литературы

На основании вышеизложенного, могут быть выделены следующие основные цели применения EDM:

- улучшение модели предметной области, которая характеризуется изучаемым контентом и оптимальной последовательностью изложения;
- прогнозирование успеваемости студентов путем создания модели обучаемого, включающей такую информацию, как его знания, мотивацию и отношение к учебе;
- совершенствование образовательного процесса путем ее адаптации индивидуальным характеристикам и предпочтениям обучаемого, персонализация обучения;
- разделение обучаемых на группы и определение приоритетов обучения для различных групп учащихся;
- обнаружение нежелательного поведения учащихся и рисков отчисления из учебного заведения;
- анализ взаимодействий студентов в социальных сетях.

Рассмотрим подробнее эти цели.

Одной из задач EDM является предсказание успеваемости обучающегося, целью которого является построение модели обучающегося, основанной на его оценках, знаниях и навыках, полученных в предыдущие периоды обучения. Чаще всего, прогнозирование используется для предсказания результатов обучения. Прогнозирование предполагает разработку модели, опирающейся на большие массивы данных, которая адекватно описывает исследуемый процесс и может вывести одно множество данных (прогнозируемых переменных) из некоторого сочетания других данных (переменных-предикторов) [9].

Разработка моделей, прогнозирующих успеваемость учащихся, может помочь создать эффективные механизмы, улучшающие процесс обучения и академические результаты, предотвратить отсев, выявить на ранней стадии учащихся с проблемами в обучении и дать им конкретные рекомендации. Прогнозирование также перспективно для разработки моделей предметной области, использующих показатели предметной области, таких как, связывание процедур или фактов с определенной последовательностью и количеством теоретических и практических заданий [10].

Методология прогнозирования в EDM используется по-разному. В качестве способов предсказания используются статистические методы (регрессия, экспоненциальное сглаживание и т.д.) и методы структурного моделирования (нейронные сети, классификационные модели на основе деревьев решений, цепи Маркова). Так, в работе [11] для разработки моделей прогнозирования на основе личных, до университетских и университетских характеристик студента, применили различные

методы интеллектуального анализа данных: ассоциативные правила обучения, классификатор дерева решений, нейронную сеть и метод ближайшего соседа.

Следующей, широко используемой моделью для прогнозирования, является модель регрессии, используемая для сопоставления между входными и выходными переменными. Задача регрессии состоит в подборе функции, которая на основе известных данных предсказывает неизвестные данные. Во многих работах методы регрессии используются для прогнозирования непрерывных оценок студентов на определенных курсах [12–13].

В большинстве исследований последних лет, для решения задач прогнозирования успеваемости обучающихся, большое внимание отводится применению алгоритмов классификации и регрессии при помощи «деревьев решений». В «деревьях решений» устанавливаются правила разбиения данных в соответствии с их признаками, которые могут давать интерпретируемые результаты и привлекают большое внимание к задачам прогнозирования. Они могут быть преобразованы в набор правил «если-то», интуитивно понятных людям. В работах [14–15] авторы исследования изучили и оценили эти правила для повышения точности прогнозов для системы высшего образования.

В некоторых работах метод «дерева решений» был использован для прогнозирования «отсева» студентов [16]. Были выявлены студенты, которые с большей вероятностью бросят учебу в свой первый год инженерного обучения. При использовании метода дерева решений сравнивались алгоритмы ID3, C4.5, CART и ADT, использовалась информация об оценках за предыдущие периоды обучения, доходе семьи учащегося, образовании родителей и т. д. В результате

проведенной работы, для сокращения отсева студентов, был выявлен список учащихся, которым необходимо уделять особое внимание. Результаты этого исследования показывают, что «деревья решений» могут создать эффективную прогностическую модель на основе существующих данных учащихся.

Некоторые авторы для прогнозирования используют методы кластеризации [17]. При кластеризации объекты классифицируются по разным группам так, что в одну группу попадают похожие объекты, отличающиеся от объектов другой группы. В интеллектуальном анализе образовательных данных, кластеризация используется, например, для разбиения студентов на группы. Обычно, для нахождения похожих данных применяются различные меры близости. В работе авторы применили алгоритм кластеризации k-means (k-средние) для разделения студентов на группы в зависимости от их академической успеваемости, в результате чего было спрогнозировано и выявлено студентов, которые с наибольшей вероятностью в будущем будут отчислены из учебного заведения. В этом исследовании, для объединения учащихся в разные группы в зависимости от грамотности, были применены и другие методы кластеризации – самоорганизующиеся карты и двухэтапная кластеризация. Сделан вывод о том, что методы интеллектуального анализа данных могут помочь университетам выявить студентов, которым требуется дополнительная подготовка.

Достижения в области информационных технологий последних лет привели к развитию концепции персонального образования (PLE – Personal Learning), идея которого состоит в обеспечении обучающихся возможностями, позволяющими им настраивать и управлять собственным обучением.

Так, в работе [18], для реализации индивидуальных образовательных траекторий при изучении математических дисциплин, предложено внедрить трехступенчатую «оценочно – корректирующую адаптацию» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом результатов, достигнутых учащимися). Апробация метода проводилась в адаптивном электронном курсе дискретной математики в Сибирском федеральном университете в России. Внедрение предложенной трехступенчатой системы позволило сформировать для каждого обучающегося личное пространство математического образовательного содержания, адаптирующегося к его уровню усвоения материала. Внедрение данного метода способствовало повышению качества обучения математическим дисциплинам.

В других исследованиях [19–20] была предложена концепция электронного обучения, основанная на принципах персонализации и вариативности содержания. Предметная область была представлена системой, выстроенных в виде иерархической структуры дерева базовых понятий. На основе предложенной системы обучения был разработан электронный курс, успешно внедренный в образовательный процесс студентов.

С развитием новых технологий, данные, собранные из реального мира, становятся больше как по размеру, так и по измерениям. Возрастающая сложность данных вызывает появление новых паттернов, которые не соответствуют ожидаемому поведению или отличаются от большинства других данных объектов, с точки зрения некоторых характеристик. Выявление и анализ интересных или неожиданных паттернов очень важны во многих областях, поскольку они могут указывать на ценную и

актуальную информацию. Эти неожиданные закономерности называются «выбросами», а процесс их обнаружения в данных называется обнаружением выбросов. Первое определение выбросов было дано Граббсом в 1969 г. [21]. Выбросом является такое наблюдение, которое заметно отличается от других членов выборки, в которой оно встречается. С тех пор выбросы постоянно исследуются и охарактеризованы в различных работах [22–23].

Раньше основной целью поиска выбросов была очистка данных — удаление их из данных из-за чувствительности существующих моделей к наблюдениям, которые отклонялись от большинства наблюдений. Однако после 2000 года исследователи начали обращать внимание на выбросы, поскольку они могли указывать на интересные особенности, подозрительные события или записи аномальных данных.

В последних работах исследуется влияние выбросов на прогноз отсева студентов из учебного заведения, а также на прогноз окончательных результатов успеваемости [24–25]. Многие учебные заведения стремятся снизить процент отсева. Растущий уровень отсева негативно влияет на социальные аспекты, такие как, сокращение числа людей с высшим образованием, и экономические аспекты (финансирование студентов, которые не заканчивают учебу). Это приводит к растущему интересу к изучению факторов, влияющему на отсев.

Взаимосвязь между переменными и отсевом из учебного заведения можно использовать для построения модели прогнозирования, которая затем может выявить учащихся из групп риска. Заблаговременное составление этих прогнозов может помочь учебным заведениям избежать или уменьшить влияние конкретных проблем. В работе [26], используя информацию о

времени отклика учащихся на данные электронного обучения, выявили студентов, имеющих трудности с обучением, обнаружили учащихся с проблемами обучения и нерегулярными процессами обучения. Более того, было обнаружено нетипичное поведение обучаемого в виртуальном кампусе. Поиск «выбросов» может помочь в определении учащихся из группы риска и выявить данные, влияющие на них.

Одной из важных задач интеллектуального анализа данных является обнаружение неочевидных отношений между объектами в наборе данных («Анализ отношений») [27]. В электронном образовании собираются огромные массивы данных о пользовательских шаблонах, к которым можно применять методы Data Mining для обнаружения взаимосвязей между различными переменными. Такой анализ влечет за собой выявление переменных, тесно связанных с конкретными данными, представляющими особый интерес. В электронном образовании «Анализ отношений» может быть использован для обнаружения интересных взаимосвязей между атрибутами учащихся, атрибутами проблем и стратегиями решения, анализа правил ассоциации, последовательных и частых шаблонов.

Последовательный анализ шаблонов создает правила, фиксирующие связи между «N» вхождениями последовательных событий, например, поиск временных последовательностей действий учащегося в процессе онлайн-обучения, с последующим извлечением важных шаблонов из набора последовательностей. Анализ шаблонов может использоваться для поиска связей между различными темами образовательной программы, извлечения наиболее трудных и важных тем, изучения того, какие шаблоны в поведении учащихся при сотрудничестве

ведут к более успешному конечному групповому проекту, исследования взаимосвязи между действиями учащихся во время практических занятий и их результатами на итоговом контрольном тесте.

Интеллектуальный анализ правил ассоциации является наиболее распространенным методом EDM. Отношение, обнаруживаемое при анализе ассоциативных правил, представляет собой правила «если» → «тогда». Основная цель этих правил состоит в том, чтобы определить, вызывает ли одно событие другое событие. При помощи этого метода устанавливается взаимосвязь между двумя или более переменными в наборе данных. В образовании, например, можно установить взаимосвязь между уровнем образования родителей и отсевом учащихся из учебного заведения или выяснить, какие педагогические стратегии ведут к более эффективному/надежному обучению [28].

Анализ ассоциативных правил можно использовать для поиска однотипных ошибок учащихся при ответах на тестовые задания, связывания используемого контента с типами пользователей, создания рекомендаций по улучшению учебного материала и внесения изменений в подходы к обучению. Этот метод можно также применить для обнаружения ассоциаций между успеваемостью учащихся и последовательностью курсов, а также выяснения того, какие педагогические стратегии являются более эффективными и надежными в обучении. Последняя область, называемая обучающей аналитикой, предназначена для помощи исследователям в создании автоматизированных систем, моделирующих эффективные стратегии обучения. Обнаружение отношений между последовательными событиями можно выявить, например, исследуя стратегии обучения

студентов на основе их действий в ходе онлайн-обучения или серьезной игры. В работе [29], используя извлеченные правила, в соответствии с поведением и предпочтениями учащихся, нашли для них список подходящих курсов онлайн-образования.

Одной из не менее важных задач EDM является оценка сформированности профессиональных компетенций студентов. С этой целью, были разработаны алгоритмы построения компетентностной модели обучающихся [30–31]. В работе [32] предлагается интеллектуальная система оценки уровней сформированности профессиональных компетенций обучающихся в электронном обучении на уровне дисциплин, модулей и образовательной программы в целом. Эти оценки были использованы для принятия решений об изменении структуры и содержания дисциплин, модулей и образовательных программ. В работе, для оценки знаний использовались нечеткие бинарные отношения между стандартными ответами, синтезированными по тестовым вопросам из базы знаний, и ответами учащихся. Уровень компетентности рассчитывался как среднее значение всех видов компетенций по образовательной программе, на основе оценок, полученных по дисциплинам, входящим в учебные модули. Такой подход позволил определить уязвимые места каждой дисциплины, каждого модуля, каждой компетенции и образовательной программы в целом.

При определении уровня компетентности, в англоязычной литературе используется очень популярный термин – «трассировка знаний» (Knowledge Tracing, KT), задачей которого является моделирование знаний. Используя этот метод, на основе ряда предыдущих практик и результатов обучения, производится

оценка состояния знаний и приобретенных навыков учащегося, предсказывается, сможет ли он правильно ответить на поставленные вопросы или решить соответствующие задачи. Частным случаем данного метода является байесовская трассировка знаний (Bayesian Knowledge Tracing, BKT) [33, 34], в которой знания учащегося представлены в виде набора бинарных переменных. В результате применения данного метода делался вывод об успешном или неуспешном освоении знаний и навыков учащимся. Отслеживание знаний учащихся также может использоваться для мониторинга учебной деятельности и помощи преподавателям в предоставлении персонализированной и целенаправленной обратной связи с обучаемым [35].

В исследовании [36] были изучены социально-демографические данные (возраст, пол, этническая принадлежность, образование, статус работы и инвалидность) и условия обучения (программа курса и блок курса), которые могли помочь в выявлении успешных и неуспешных студентов. Исследователи пришли к выводу, что классификация студентов на основе информации перед зачислением, может помочь выявить студентов, которым грозит прекращение курса, и предложить программы консультирования и наставничества, чтобы сделать их успешными.

В последние годы, в задачах EDM начали использовать «Анализ социальных сетей» (Social Network Analysis, SNA), направленный исследование взаимодействий между различными людьми. Анализ социальных сетей – это область исследования, в которой делается попытка понять и измерить взаимосвязи между данными, распространяемыми в социальных сетях. Подходы интеллектуального анализа этих данных можно использовать для изучения

онлайн-взаимодействий студентов друг с другом, студентов и преподавателей [37–38]. Хранилища знаний в Интернете, такие как, вики, форумы, блоги и видеоролики, которыми делятся участники, все чаще становятся основным учебным ресурсом не только для студентов, но и других пользователей сети. Методы EDM в социальных сетях могут быть использованы для майнинговой групповой деятельности обучаемых.

Социальные технологии поддерживают гибкость в процессах обучения, обеспечивая легкую публикацию, обмен идеями, ссылки на соответствующие ресурсы в интернете. Кроме того, некоторые авторы утверждают, что образовательная деятельность в социальных сетях ценна для развития навыков совместной работы студентов, где студенты используют привлекательные для них социальные технологии. В статье [39] исследуются возможности использования социальных сетей для персонализации контента учебных материалов, распространяемого студентами ВУЗа в социальной сети.

В последнее десятилетие наблюдается неуклонный рост исследований в области лингвистического анализа и переработки текста. Анализ текста (Text Mining) служит для интеллектуального анализа текстовых данных путем извлечения из неструктурированных документов ранее неизвестных и полезных данных, поиск релевантной информации, оценку и интерпретацию полученных результатов [40]. Text Mining включает методы кластеризации, классификации и категоризации текстовой информации, выявление сущностей, правил и полезных данных. В электронном образовании Text Mining может использоваться при анализе учебных материалов, курсовых работ и иных публикаций студентов, исследовании контента социальных сетей при взаи-

модействии студентов. Так, в исследовании [41], Text Mining применили для выявления наиболее сложных для изучения учащимися, тем. В работе было предложено решение, основанное на модели глубокого обучения (Deep-Learning), которая автоматически извлекает основные темы, освещенные в учебных документах. Автоматизация процесса определения тем позволила быстро анализировать результаты обучения учащихся по каждой теме и предоставить преподавателям соответствующую информацию для улучшения материалов и ресурсов в соответствии с потребностями учащихся.

Материалы и методы исследования

Проведенное исследование позволило выявить основные тенденции цифровой трансформации образования в эпоху 4-ой промышленной революции. Было показано, что технологические достижения последних лет оказали большое влияние на учебные заведения, позволили студентам получить свободный доступ к большому объему информации и, следовательно, к большому количеству знаний.

Если информационные революции конца 90-х и начала 2000-х привели к применению информационно – коммуникационных технологий в образовательной сфере, то позже, эти технологии открыли новые возможности в сфере инноваций по внедрению новых образовательных методологий, ориентированных на осмысленное обучение, готовящих обучаемого к работе и технологиям, которые еще не созданы, а также к решению проблем, которые еще не были предсказаны.

Несмотря на множество научных работ и исследований, посвященных использованию и применению методов интеллектуального анализа данных в

образовании, в этой области, по-прежнему, не хватает систематических и объективных организационных исследований. Анализ научных публикаций показал, что подавляющее большинство статей было посвящено высшему образованию. Это может быть связано с лучшим доступом к данным за счет разработки систем управления обучением (LMS) в высших учебных заведениях, а также с тем, что там легче проводить научные эксперименты. Большинство исследований было направлено на:

- Проектирование и разработку индивидуальных сценариев обучения, основанных на паттернах, адаптации каждого отдельного обучаемого к содержанию, интерфейсам и последовательности обучения. Для этой цели использовались методы Data Mining – анализ правил ассоциации, кластеризация и анализ последовательных шаблонов.

- Прогнозирование успеваемости обучаемых, основанное на оценках, знаниях и навыках, полученных ими в предыдущие периоды учебы. Прогнозирование успеваемости учащегося является одним из старейших и наиболее распространенных образовательных приложений Data Mining, в котором применяется несколько методов и моделей (нейронные сети, байесовские сети, структуры на основе правил, а также регрессионный и корреляционный анализ).

- Выявление учащихся из групп риска. Целью исследования явилось выявление нежелательного поведения учащихся с проблемами в учебе, с такими, как: прогулы, плохая мотивация к учебе, чрезмерное увлечение компьютерными играми и т.д. Эти исследования помогают администрации учебного заведения на ранней стадии выявлять студентов с высоким риском отсева, для выработки рекомендаций и оказания таким учащимся

своевременной помощи. Алгоритмы классификации, используемые для выявления ненадлежащего поведения учащихся, включают нейронные сети, дерево решений, наивный байесовский алгоритм, обучение на основе экземпляров, логистическую регрессию и др.

– Разделение учащихся на группы, с целью определения приоритетов обучения для каждой группы обучаемых. Задача состоит в том, чтобы создать студенческие группы, ориентированные на индивидуальные характеристики, навыки межличностного общения и т. д. Результаты такого разделения используются для создания адаптированной структуры обучения, способствующей продуктивному обучению в обществе, разработки адаптивного контента и т. д. В этих исследованиях использовались такие методы интеллектуального анализа данных как кластеризация и классификация. Алгоритмы кластеризации использовались для идентификации классов обучаемых с одинаковыми показателями способностей (например, к средним). Для классификации обучаемых и разделения их на группы использовались такие методы, как, нейронная сеть, деревья решений и случайный лес, дерево регрессии и классификация.

– Проектирование и разработка учебных программ по различным дисциплинам. В электронном образовании дизайн и разработка учебной программы может повлиять на эффективность обучения. Дизайн и разработка учебной программы важны для онлайн-обучения и могут повлиять на эффективность обучения учащихся. Однако учащиеся предъявляют разные требования к учебным программам, и существующая структура учебных программ в значительной степени зависит от знаний и опыта экспертов,

что затрудняет адаптацию к разным учащимся. Развитие интеллектуальных технологий позволило более точно анализировать персонализированную информацию и запросы учащихся. Появились интеллектуальные платформы онлайн-обучения, которые начали задействовать многие из распространенных в настоящее время технологий и использовать их, чтобы помочь преподавателям и учащимся разрабатывать персонализированные онлайн-учебные планы.

Заключение

Мы стоим на пороге 4-й промышленной революции, в основе которой лежит концепция полностью сетевого и адаптивного производства с интеллектуальными системами. В соответствии с меняющимися требованиями, необходимы изменения на рынке труда и, как следствие, в концепциях обучения. В этом контексте, специализация в технологической сфере будет расти, а области знаний станут другими. Чтобы соответствовать изменениям и тенденциям рынка труда, производственная сфера требует от образования и, в частности, от университетов человеческих ресурсов с новыми умениями и навыками, так как именно люди – ключевой фактор экономического роста.

Образовательные системы должны адаптироваться к новым условиям, чтобы обеспечивать обучение трудным навыкам, таким как проектирование технологий и управление ресурсами. Такие навыки необходимы для того, чтобы люди могли развиваться в более сложном, взаимосвязанном и быстро меняющемся мире. Учащиеся, которые лучше подготовлены к будущему, станут проводниками перемен, способными положительно влиять на намерения и чувства других людей и понимать их, а

также предвидеть краткосрочные и долгосрочные последствия проблем, влияющих на общество.

Применение интеллектуальных систем в образовании позволит преподавателям лучше изучить потенциал учащихся, находить более эффективные решения и подходы для удовлетворения индивидуальных потребностей обучаемых. В свою очередь, эти системы позволят учащимся планировать свое время и учиться в своем собственном темпе, самостоятельно искать ресурсы в интернете, повысит их мотивацию в получении образования. Интеллектуальный анализ образовательной информации, предоставит инструкторам и администрации учебного заведения возможности в качестве поддержки для принятия решений в сфере образования, способствуя тем самым более успешному обучению и повышению его качества.

Образовательные учреждения должны отойти от традиционного способа передачи знаний и предоставить педагогам автономии, возможность с помощью современных технологий экспериментировать с новыми педагогическими приемами для учащихся и устанавливать собственный темп обучения. Используя аналитику обучения и прогнозное моделирование, Образование 4.0 и искусственный интеллект могут сыграть ключевую роль в выявлении новых факторов в успеваемости учащихся и реализации персонализированного обучения. Используя образовательные инновации, современные преподаватели должны искать новые способы улучшить свое обучение в будущем. В этом смысле, данное исследование предполагает, что преподавателям необходимо пересмотреть старые истоки ориентации и обучения и обновить свой учебный опыт, чтобы выполнить требования Образования 4.0.

Литература

1. Ключкова Е.Н., Садовникова Н.А. Трансформация образования в условиях цифровизации // Открытое образование. 2019. № 23(4). С. 13–22. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-13-22.
2. Сазонов Б.А. Организация образовательного процесса: возможности индивидуализации обучения // Высшее образование в России. 2020. № 6. С. 35–50. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-29-6-35-50.
3. Astawa N.L, Artini L.P, Nitiasih P.K. Project-based Learning Activities and EFL Students' Productive Skills in English // Journal of Language Teaching and Research. 2017. № 8(6). С. 1147–1155.
4. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future // The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas. 2010. № 83(2). С. 39–43.
5. Marr B. Extended reality in practice: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality are changing business and society. Wiley. 2021. 272 с.
6. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning [Электрон. ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://bit.ly/3FS9JBC>.
7. Ryan S.J.D., Yacef K. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions // Journal of Educational Data Mining. 2009. № 1(1). С. 3–17.
8. Romero C. Ventura S. Data Mining in Education // WIREs Data Min. Know. Discov. 2013. № 3. С. 12–27. DOI: 10.1002/widm.1075.
9. Белоножко П.П., Карпенко А.П., Храмов Д.А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения [Электрон. ресурс] // Наукoведение. 2017. Т. 9. № 4. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>.
10. Baker R., Gowda S.M., Corbett A.T. Automatically detecting a student's preparation for future learning: Help use is key // In Proceedings of the 4th International Conference on Educational Data Mining. 2011. С. 179–188.
11. Kabakchieva D. Predicting student performance by using data mining methods for classification // Cybernetics and Information Technologies. 2013. № 13(1). С. 61–72.
12. Polyzou A., Kapuris G. Grade prediction with models specific to students and courses // International Journal of Data Science and Analytics 2(3–4), 2016. DOI: 10.1007/s41060-016-0024-z.
13. Morsy S., Kapuris G. Cumulative Knowledge-based Regression Models for Next term Grade Prediction. Proceedings of the 2017 SIAM International Conference on Data Mining. С. 552–560.
14. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W. A. Predicting Student Performance in Higher Education Institutions Using Decision Tree Analysis [Электрон. ресурс] // International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. 2018. № 2. С. 26–31. Режим доступа: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2018/02/ijimai_5_2_3_pdf_30196.pdf
15. Topirceanua A., Grosseck G. Decision tree learning used for the classification of student archetypes in online courses. 21st International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017 (6–8 September 2017, Marseilles, France). Procedia Computer Science. 2017. № 112. С. 51–60.
16. Cristiano M. A. Gomes Leandro S. Almeida Advocating the Broad Use of the Decision Tree Method in Education // Practical Assessment, Research and Evaluation. 2017. № 22. С. 28–38.
17. Oyelade O.J., Oladipupo O.O. Obagbuwa I.C. Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance, (IJCSIS) // International Journal of Computer Science and Information Security. 2010. Т. 7. № 1. С. 292–295.
18. Chymak M., Khomych L., Nakonechna L., Kopchuk-Kashetska M., Zadoya S. Individual Educational Trajectory as a Way to Reveal the Potential of a Future Teacher // Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala. 2021. № 13(3). С. 387–400. DOI: 10.18662/rrem/13.3/458.
19. Vainshteina Y., Shershneva V., Esin R., Tsibulsky G. Safonov K. Adaptation algorithms of mathematical educational content in e-learning courses // ERPA International Congresses on Education 2018 (ERPA 2018). 2018. Т. 48. С. 8. DOI: 10.1051/shsconf/20184801010.
20. Russkikh P.A., Kapulin D.V., Moor I.A. Implementing e-learning with personalized trajectories // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Т. 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012201.
21. Grubbs F.E. Procedures for detecting outlying observations in samples // Technometrics. 1969. Т. 11. № 1. С. 1–21.
22. Hodge V. J. and Austin J. A survey of outlier detection methodologies // Artificial Intelligence Review. 2004. Т. 22. С. 85–126.
23. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey // ACM Comput. Surv. 2009. № 41(3). С. 1–58.
24. Aggarwal C.C. Outlier analysis in Data mining. Springer, 2015. С. 237–263.
25. Bai M., Wang X., Xin J., Wang G. An efficient algorithm for distributed density-based outlier detection on big data // Neurocomputing. 2016. Т. 181. С. 19–28.
26. Carneiro R.E., Drapal P., Fagundes R.A., Maciel A.M., Rodrigues R.L. Anomaly detection on student assessment in e-learning environments // in 2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). 2019. Т. 2161. С. 168–169.
27. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning // Information Science and Statistics. Springer, 2006. 738 с.

28. Oughdir L. Association Rules Mining Method of Big Data for E-Learning Recommendation Engine, Springer Nature Switzerland AG, 2019 // International Journal of Information Science & Technology –iJIST. 2019. Т. 3. № 2. С. 11–18.

29. Valdiviejas H., Bosch N. Using Association Rule Mining to Uncover Rarely Occurring Relationships in Two University Online STEM Courses: A Comparative Analysis // Proceedings of The 13th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2020). 2020. С. 686–690.

30. Макаров С.И., Моделирование оценки качества формирования профессиональных компетенций, обучающихся // Самарский научный вестник, Педагогические науки. 2020. Т. 9. № 4. С. 307–311. DOI: 10.17816/snv202094307.

31. Oleksandra Olshanska O., Gumennykova T., Bila O., Orel V., Perova S., Ivannikova M. Building a Competency Model Student Training // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 2019. Т. 8. № 6. С. 2689–2695.

32. Barlybayev A., Kaderkeyeva Z., Bekmanova G., Sharipbay A., Omarbekova A., Altynbek S. Intelligent system for evaluating the level of formation of professional competencies of students [Электрон. ресурс] // IEEE Acces. Special section on machine learning designs, implementations and techniques. 2020. Т. 8. С. 58829–58835. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9027836>.

33. Shayakhmetova A., Seisenbekova P., Othman M., Mamyrbayev O., Kassymova D. Bayesian approach for competence formation for students of it-specialty // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2020. Т. 98. № 19. С. 3172–3192.

34. Delen Dursun., Topuz Kazim., Eryarsoy, Enes. Development of a Bayesian Belief Network-

based DSS for predicting and understanding freshmen student attrition // European Journal of Operational Research, Elsevier. 2020. № 281(3). С. 575–587.

35. Yudelson M., Koedinger K., Individualized Bayesian Knowledge Tracing Models // Conference: 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2013). 2013. С. 171–180.

36. Islam T., Meade N., Carson R.T., Louviere J. Wang J. The usefulness of socio demographic variables in predicting purchase decisions: Evidence from machine learning procedures // Journal of Business Research. Т. 151. С. 324–338.

37. Allen M. An Education in Facebook // Digital Culture and Education. 2012. № 4(3). С. 213–225.

38. Pursel K., Hui Xie. Patterns and Pedagogy: Exploring Student Blog Use in Higher Education // Contemporary educational technology. 2014. № 5(2). С. 96–109.

39. Мамедова Г.А., Агаев Ф.Т., Зейналова Л.А. Использование социальных сетей для персонализации электронного образования // Проблемы информационных технологий. 2019. № 1. С. 27–34.

40. Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е. В. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика. М.: МИЭМ, 2011, 272 с.

41. Araujo L., López-Ostenero F., Martínez-Romo J., Plaza L. Deep-Learning Approach to Educational Text Mining and Application to the Analysis of Topics Difficulty [Электрон. ресурс]. 2020. № 8. С. 218002–218014. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9276393/metrics>.

References

1. Klochkova E.N., Sadovnikova N.A. Transformation of education in the context of digitalization. *Otkrytoye obrazovaniye = Open education*. 2019; 23(4): 13-22. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-13-22. (In Russ.)

2. Sazonov B.A. Organization of the educational process: the possibility of individualization of learning. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii = Higher education in Russia*. 2020; 6: 35-50. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-29-6-35-50. (In Russ.)

3. Astawa N.L, Artini L.P, Nitiasih P.K. Project-based Learning Activities and EFL Students' Productive Skills in English. *Journal of Language Teaching and Research*. 2017; 8(6): 1147- 1155.

4. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. 2010; 83(2): 39-43.

5. Marr B. Extended reality in practice: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality

are changing business and society. Wiley; 2021. 272 p.

6. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning [Internet]. 2019. Available from: <https://bit.ly/3FS9JBC>.

7. Ryan S.J.D., Yacef K. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *Journal of Educational Data Mining*. 2009; 1(1): 3-17.

8. Romero C. Ventura S. Data Mining in Education. *WIREs Data Min. Know. Discov*. 2013; 3: 12–27. DOI: 10.1002/widm.1075.

9. Belonozhko P.P., Karpenko A.P., Khramov D.A. Analysis of educational data: directions and prospects of application [Internet]. *Naukovedeniye = Naukovedenie*. 2017; 9; 4. Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>. (In Russ.)

10. Baker R., Gowda S.M., Corbett A.T. Automatically detecting a student's preparation for future learning: Help use is key. In *Proceedings of*

the 4th International Conference on Educational Data Mining. 2011: 179-188.

11. Kabakchieva D. Predicting student performance by using data mining methods for classification. *Cybernetics and Information Technologies*. 2013; 13(1): 61-72.

12. Polyzou A., Kapuris G. Grade prediction with models specific to students and courses. *International Journal of Data Science and Analytics* 2(3-4), 2016. DOI: 10.1007/s41060-016-0024-z.

13. Morsy S., Kapuris G. Cumulative Knowledge-based Regression Models for Next term Grade Prediction. *Proceedings of the 2017 SIAM International Conference on Data Mining*. P. 552-560.

14. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting Student Performance in Higher Education Institutions Using Decision Tree Analysis [Internet]. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. 2018; 2: 26-31. Available from: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2018/02/ijimai_5_2_3_pdf_30196.pdf

15. Topirceanu A., Grossec G. Decision tree learning used for the classification of student archetypes in online courses. *21st International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017 (6-8 September 2017, Marseilles, France)*. *Procedia Computer Science*. 2017; 112: 51-60.

16. Cristiano M. A. Gomes Leandro S. Almeida Advocating the Broad Use of the Decision Tree Method in Education. *Practical Assessment, Research and Evaluation*. 2017; 22: 28-38.

17. Oyelade O.J., Oladipupo O.O. Obagbuwa I.C. Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance, (IJCSIS). *International Journal of Computer Science and Information Security*. 2010; 7; 1: 292- 295.

18. Chymak M., Khomych L., Nakonechna L., Kopchuk-Kashetska M., Zadoya S. Individual Educational Trajectory as a Way to Reveal the Potential of a Future Teacher. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*. 2021; 13(3): 387-400. DOI: 10.18662/rrem/13.3/458.

19. Vainshteina Y., Shershneva V, Esin R., Tsubulsky G. Safonov K. Adaptation algorithms of mathematical educational content in e-learning courses. *ERPA International Congresses on Education 2018 (ERPA 2018)*. 2018; 48: 8. DOI: 10.1051/shsconf/20184801010.

20. Russkikh P.A., Kapulin D.V., Moor I.A. Implementing e-learning with personalized trajectories. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020: 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012201. (In Russ.)

21. Grubbs F.E. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*. 1969; 11; 1: 1-21.

22. Hodge V.J. and Austin J.A survey of outlier detection methodologies. *Artificial Intelligence Review*. 2004; 22: 85-126.

23. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. *ACM Comput. Surv.* 2009; 41(3): 1-58.

24. Aggarwal C. C. *Outlier analysis in Data mining*. Springer; 2015: 237-263.

25. Bai M., Wang X., Xin J., Wang G. An efficient algorithm for distributed density-based outlier detection on big data. *Neurocomputing*. 2016; 181: 19-28.

26. Carneiro R.E., Drapal P., Fagundes R.A., Maciel A.M., Rodrigues R.L. Anomaly detection on student assessment in e-learning environments. in *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. 2019; 2161: 168-169.

27. Bishop C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Information Science and Statistics. Springer; 2006. 738 p.

28. Oughdir L. Association Rules Mining Method of Big Data for E-Learning Recommendation Engine, Springer Nature Switzerland AG, 2019. *International Journal of Information Science & Technology –iJIST*. 2019; 3; 2: 11-18.

29. Valdiviejas H., Bosch N. Using Association Rule Mining to Uncover Rarely Occurring Relationships in Two University Online STEM Courses: A Comparative Analysis. *Proceedings of The 13th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2020)*. 2020: 686-690.

30. Makarov S.I. Modeling the quality assessment of the formation of professional competencies of students. *Samarskiy nauchnyy vestnik, Pedagogicheskiye nauki = Samara Scientific Bulletin, Pedagogical Sciences*. 2020; 9; 4: 307-311. DOI: 10.17816/snv202094307. (In Russ.)

31. Oleksandra Olshanska O., Gumennykova T., Bila O., Orel V., Perova S., Ivannikova M. Building a Competency Model Student Training. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. 2019; 8; 6: 2689-2695.

32. Barlybayev A., Kaderkeyeva Z., Bekmanova G., Sharipbay A., Omarbekova A., Altynbek S. Intelligent system for evaluating the level of formation of professional competencies of students [Internet]. *IEEE Acces. Special section on machine learning designs, implementations and techniques*. 2020; 8: 58829-58835. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9027836>.

33. Shayakhmetova A., Seisenbekova P., Othman M., Mamyrbayev O., Kassymova D. Bayesian approach for competence formation for students of it-specialty. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2020; 98; 19: 3172- 3192.

34. Delen Dursun., Topuz Kazim., Eryarsoy, Enes. Development of a Bayesian Belief Network-based DSS for predicting and understanding freshmen student attrition. *European Journal of Operational Research, Elsevier*. 2020; 281(3): 575-587.

35. Yudelson M., Koedinger K., Individualized Bayesian Knowledge Tracing Models. *Conference: 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2013)*. 2013: 171-180.

36. Islam T., Meade N., Carson R.T., Louviere J. Wang J. The usefulness of socio demographic variables in predicting purchase decisions: Evidence

from machine learning procedures. Journal of Business Research. 151: 324-338.

37. Allen M. An Education in Facebook. Digital Culture and Education. 2012; 4(3): 213-225.

38. Pursel K., Hui Xie. Patterns and Pedagogy: Exploring Student Blog Use in Higher Education. Contemporary educational technology. 2014; 5(2): 96-109.

39. Mamedova G.A., Agayev F.T., Zeynalova L. A The use of social networks for the personalization of e-education. Problemy informatsionnykh tekhnologiy = Problems of information technologies. 2019; 1: 27-34.

40. Bol'shakova Ye.I., Klyshinskiy E.S., Lande D.V., Noskov A.A., Peskova O.V., Yagunova Ye.V. Avtomaticheskaya obrabotka tekstov na yestestvennom yazyke i komp'yuternaya lingvistika = Automatic natural language text processing and computational linguistics. Moscow: MIEM; 2011, 272 p.

41. Araujo L., López-Ostenero F., Martínez-Romo J., Plaza L. Deep-Learning Approach to Educational Text Mining and Application to the Analysis of Topics Difficulty [Internet]. 2020; 8: 218002-218014. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9276393/metrics>.

Сведения об авторах

Фирудин Тарлан Агаев

*К.т.н., доцент, зав. отделом
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: agayevinfo@gmail.com*

Гюлара Абас Маммадова

*Главный специалист отдела №8
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: gyula.ikt@gmail.com*

Рена Тофик Меликова

*Старший научный сотрудник
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: rena22@rambler.ru*

Information about the authors

Firudin Tarlan Aghayev

*Cand. Sci. (Technical), Associate Professor, head of department
Institut of Information Technology, Baku, Azerbaijan;
E-mail: agayevinfo@gmail.com*

Gulara A. Mammadova

*Chief specialist of department
Institut of Information Technology,
Baku, Azerbaijan
E-mail: gyula.ikt@gmail.com*

Rena T. Malikova

*Senior research fellow of department
Institut of Information Technology,
Baku, Azerbaijan;
E-mail: melikovarena22@gmail.com*