

ИНТЕГРАЦИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ВУЗА

В. И. Токтарова, О. Г. Казанцева

Аннотация. В статье рассматривается актуальная тема использования интеллектуальных рекомендательных систем в сфере высшего образования. Выявлена сущность рекомендательных систем, рассмотрены их характеристики и функциональные модели. Особое внимание уделено описанию различных направлений применения рекомендательных систем в образовательной сфере. Выявлены возможности и ограничения их реализации для различных субъектов образовательного процесса. Описан опыт проектирования и внедрения авторской рекомендательной системы прогнозирования успешности обучения студентов в электронной информационно-образовательной среде вуза, который подтверждает основные теоретические посылы авторов.

Ключевые слова: цифровая трансформация образования, технологии искусственного интеллекта, рекомендательные системы, модель рекомендаций, персонализация обучения, академическая успеваемость, прогнозирование успешности обучения

INTEGRATION OF RECOMMENDER SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO UNIVERSITY EDUCATION

V. I. Toktarova, O. G. Kazantseva

Abstract. The article focuses on the use of intelligent recommender systems in higher education. The authors consider the essence, characteristics and functional models of such systems. Special attention is paid to describing various areas of recommender systems application in education. The authors identify prospects and limitations of implementing recommender systems for various actors of the educational process. The article describes the experience of designing and implementing the recommender system developed by one of the authors to predict students' learning success in the digital learning environment of the university — this experience confirms the main theoretical premises of the authors.

Keywords: digital transformation of education, artificial intelligence technologies, recommender systems, recommendation model, personalization of learning, academic performance, predicting learning success

Введение

В современном образовательном процессе становится существенной роль технологических инноваций, основанных на искусственном интеллекте (далее — ИИ) и предоставляющих потенциальные возможности для трансформации образовательных практик. Одним из перспективных направлений в этой области является применение интел-

лектуальных рекомендательных систем, которые могут давать персонализированные рекомендации студентам и преподавателям высших учебных заведений на основе анализа данных об их особенностях и активностях, интересах и потребностях.

Рекомендательные системы — это:

— компьютерная программа, которая на основе информации о пользователе, желающем произвести выбор, и объектах вы-

бора строит конкретные рекомендации (Белоцкий, Суетин 2016, Bobadilla et al. 2013);

- технология искусственного интеллекта, которая может использоваться для выявления скрытых закономерностей учения, совершенствования образовательных программ, ориентированных на персонализацию и индивидуализацию (адаптирующиеся учебные материалы и программы), подбора влияющих компонентов эффективности учения, логистики персонализированного учебного расписания (учебного плана) и ряда других действий (Распоряжение Минпросвещения России... 2020);
- класс решений, обеспечивающий выполнение процесса без участия человека, поддержку в выборе решений, а также предсказание объектов, которые будут интересны пользователю (Дорожная карта развития... 2019);
- инструменты для взаимодействия с большими и сложными информационными пространствами, которые обеспечивают их персонализированное представление в зависимости от предпочтений пользователя (Burke et. al 2011);
- программные инструменты и методы, предлагающие полезные и адаптированные под пользователя необходимые элементы (содержание, услуги, сервисы и т. д.) (Ricci et. al 2010).

Как видно из определений, развитие рекомендательных систем возможно только на основе мультидисциплинарного подхода, когда используются совместно интеллектуальный анализ данных (Data Mining), теория принятия решений, статистические методы, теория поведения пользователей, экспертные системы и т. д.

В сфере образования рекомендательные системы — это интеллектуальные компьютерные программы и алгоритмы, которые определяют и предлагают пользователям (студентам, преподавателям, администраторам и т. д.) различные ресурсы, учебные материалы, курсы и другие виды рекомендательной

информации, наиболее подходящие под их индивидуальные потребности и цели.

Сегодня рекомендательные системы становятся все более популярными и востребованными в области образования. Ряд онлайн-платформ используют рекомендательные модули для подбора курсов и обучающих материалов. К примеру, Coursera (Coursera Inc. 2024) предоставляет персонализированные рекомендации по образовательным курсам и контенту, соответствующему интересам и уровню подготовки обучающихся; платформа Khan Academy (Khan Academy 2024) также применяет рекомендательную систему для помощи пользователям в поиске подходящих учебных ресурсов на основе элементов геймификации.

Интеллектуальная система EduSense (EduSense 2024), основанная на компьютерном зрении и машинном обучении, анализируя видео- и аудиозаписи занятий, оценивает поведение и эмоции пользователей, выявляет проблемные ситуации, такие как отсутствие внимания, скука, фрустрация, конфликты, и др., и предлагает рекомендации по их преодолению.

Так, цифровой сервис Student Success Plan (Student Success Plan... 2024), используя данные из различных источников, таких как регистрационная система, электронные журналы, система управления обучением и т. д., создает рекомендательные индивидуальные планы успешности обучения для каждого студента. Благодаря комплексному анализу приложение помогает определить цели, проблемы, ресурсы и стратегии для обучающегося, а также отследить их выполнение.

Таким образом, целью данного исследования является изучение и анализ интеграции рекомендательных систем в деятельность высших учебных заведений для определения их преимуществ, ограничений и возможных направлений развития.

Модели рекомендаций ИИ

Развитие технологий искусственного интеллекта в последние десятилетия существенно повлияло на область образования,

предоставляя новые возможности для учебной аналитики и персонализации учебного процесса. Внедрение рекомендательных систем в высшем образовании является одним из важных аспектов этого трансформационного процесса.

Так, в работе Ю. В. Таратухиной, Т. В. Барт, В. В. Власова «Машинное обучение модели информационной рекомендательной системы по вопросам индивидуализации образования» (Таратухина и др. 2019) иллюстрируется возможность создания системы рекомендаций для индивидуализации образования на основе данных об успеваемости и внеучебной деятельности обучающихся. Авторами были использованы различные модели, такие как логистическая регрессия, мультиномиальная и многомерная модели на основе наивного байесовского классификатора. Реализация наилучшей модели рекомендательной системы позволила создать цифровой профиль студента, учитывающего его профессиональные и личные интересы при формировании индивидуального плана обучения.

В исследовании Е. А. Белоцкого и А. В. Суетина «Построение рекомендательной системы по подбору высших учебных заведений для абитуриентов» (Белоцкий, Суетин 2016) описывается тестовая модель системы для помощи будущим студентам в выборе подходящих вузов. На основе разрозненных данных, характеризующих пользователя (баллы ЕГЭ, школьные оценки и др.), и информации о направлениях подготовки (проходной балл, необходимые для сдачи предметные экзамены и др.) авторы строят вектор характеристик. С использованием комплекса методов (метод расстояний, аксиоматический метод сужения множества Парето и метод анализа иерархий) предложена веб-система, дающая рекомендации о подходящем для абитуриента направлении подготовки и специальности вуза.

Рекомендательная система по исследовательским работам для аспирантов на основе искусственного интеллекта рассмотрена в работе Дж. Ким и др. «Development and

Application of an AI-Based Personalized Research-Paper Recommendation System: An Example from K University» (Kim et al. 2023). На основе алгоритмов фильтрации контента и словаря академических терминов авторы создали прототип системы для поиска и рекомендации современных научных работ по интересующей аспирантов тематике. Отмечается популярность разработанной системы среди академического сообщества.

Еще одним исследованием, где затрагивается тема рекомендательных систем, является работа А. Арик «Hybrid Course Recommendation System Design for a Real-Time Student Automation Application» (Arik et al. 2021). В работе предлагается гибридная система рекомендаций, которая на основе информации о студентах и учебных курсах с помощью методов контентной фильтрации, предоставляет персонализированные предложения по выбору образовательного контента и модулей с учетом предпочтений и интересов обучающихся.

Анализ отечественных и зарубежных научных источников выявил, что рекомендательные системы — это перспективные технологии искусственного интеллекта, которые могут применяться в различных аспектах образования. При этом на сегодняшний день выделяют следующие модели рекомендаций (Arik et al. 2021; Houda et al. 2023; Kerres, Buntins 2020; Maphosa et al. 2020; Wong, Li 2020 и др.).

1. *Рекомендации на основе экспертных данных (Expert-based recommendation)*. Экспертные данные включают в себя оценки, рейтинги, комментарии, рекомендации и другую информацию, предоставленную квалифицированными специалистами в соответствующей области. В контексте рекомендательных систем для образовательной сферы это означает интеграцию экспертных знаний и оценок в процесс генерации рекомендаций для обучающихся, к примеру: советы по подбору дополнительной литературы, выполнению тестовых заданий, последовательности изучения материала и др.

2. *Рекомендации, основанные на пользовательском поведении (Behavior-based recommendation)*. Такие рекомендации основываются на данных о действиях и предпочтениях обучающихся. На основе анализа поведения пользователя система предлагает ему персонализированный учебный контент или курсы, которые наиболее соответствуют его индивидуальным особенностям и интересам.

3. *Рекомендации на основе профиля (Profile-based recommendation)*. Такие рекомендации основаны на данных о пользователе, которые могут включать социально-демографические характеристики, интересы, предпочтения, историю действий, данные о выполнении тестовых заданий или заполнения анкет и др. На основе собранной информации создается профиль обучающегося, который содержит его ключевые характеристики и предпочтения. Используя информацию в профиле, системы предлагают персонализированные рекомендации, которые соответствуют уникальным особенностям каждого пользователя.

4. *Фильтрация на основе контента/содержимого (Content-based Filtering)*. Фильтрация на основе контента — одна из популярных техник рекомендаций и построения рекомендательных систем, ее цель — проанализировать предыдущие предпочтения пользователя, классифицировать элементы по конкретным ключевым словам, найти эти термины в базе данных и затем выдать соответствующие похожие рекомендации и предложения (Mishra 2021). Содержание или атрибуты элементов, которые понравились пользователю, называются «контентом».

5. *Коллаборативная фильтрация (Collaborative Filtering)*. Коллаборативная фильтрация — это метод рекомендательных систем, которые используют предыдущие взаимодействия пользователей с целевыми объектами. Рекомендательные системы, использующие такой механизм, дают рекомендации, основываясь на поведении и предпочтениях схожих обучающихся (Houda et al. 2023). Такой алгоритм не нуждается в ин-

формации о рекомендуемом элементе, поэтому он может работать в ситуациях, когда недостаточно информации о предмете рекомендации.

6. *Гибридные модели*. Гибридные рекомендательные системы объединяют лучшие аспекты разных подходов, используя два или более методов создания рекомендаций (Houda et al. 2023; Thakur et al. 2022). Они могут применяться, когда имеется большое разнообразие входных данных. В таких случаях можно объединять возможности разных типов систем для наилучшего результата. Гибридные модели могут использовать, например, оценки студентов в качестве явных данных, а информацию о курсе — в качестве неявных (Arik et al. 2021). Использование обоих типов данных позволяет системе наиболее точно рекомендовать образовательные курсы. Более того, такая система не использует заранее определенные правила ассоциации и освобождается от общих шаблонов, таких как данные о тенденциях.

Каждая из моделей имеет свои уникальные принципы работы, преимущества и недостатки. Например, коллаборативная фильтрация может быть эффективной для рекомендаций на основе образовательных результатов и предпочтений обучающихся, в то время как контентная фильтрация может обеспечить более точные рекомендации на основе характеристик учебного контента. Часто используются гибридные подходы, комбинирующие различные модели для улучшения качества рекомендаций. В целом выбор конкретной модели зависит от ее целевого назначения и контекста применения рекомендательной системы.

Рекомендательные системы в образовании: направления использования

Рекомендательные системы представляют собой комплексные технологии, использующие алгоритмы машинного обучения и анализа данных для предоставления персонализированных рекомендаций обучающимся и педагогам. По результатам кластерного

анализа ключевые направления их применения в образовательной сфере можно объединить в следующие группы:

- *учебная аналитика* — анализ образовательных данных для улучшения процесса обучения. Учебная аналитика — идентификация, сбор, анализ и представление данных об обучающихся и образовательном процессе с целью изучения обучения, оптимизации образовательного процесса и повышения результатов обучения (ГОСТ Р 59895-2021... 2021). Рекомендательные системы могут предложить подходящие учебные курсы, модули и темы на основе результатов анализа персональных предпочтений обучающихся, их индивидуальных особенностей и интересов;
- *адаптация и оптимизация процесса обучения* — направление рассматривает проектирование цифровых систем и управление обучением на основе образовательных данных. Рекомендательные системы поддерживают адаптивность обучения, предлагая студентам дополнительные задания и ресурсы в зависимости от их уровня знаний и прогресса, детализированную обратную связь;
- *подбор и предоставление персонализированного учебного контента* — построение содержания обучения с учетом индивидуальных особенностей и потребностей каждого обучающегося. Используя данные о студентах, рекомендательные системы могут предлагать им оптимальные способы и формы обучения (видеолекции, интерактивные задания, групповые проекты и др.);
- *прогнозирование обучения* — предсказание какой-либо величины на основе значений других величин, к примеру, прогноз результатов итоговой аттестации на основе данных текущей успеваемости и достижений. Рекомендательные системы могут анализировать данные об успеваемости студентов, предсказывать возможные трудности и предоставлять рекомендации по их преодолению;
- *поддержка карьерного развития* — помощь студентам в развитии компетенций и поддержка в постоянном обновлении знаний. Рекомендательные системы могут предлагать студентам темы курсовых работ и проектов, соответствующие их интересам и потребностям рынка труда, способствуя более успешному старту в профессиональной сфере;
- *мониторинг прогресса обучения* — постоянная оценка прогресса обучения, предоставление студентам и преподавателям информации о текущем состоянии академической успеваемости и уровне усвоения материала. Системы могут генерировать персонализированные отчеты для каждого студента, содержащие информацию о его успехах и областях, требующих особого внимания; предлагать индивидуализированные задания для самостоятельного изучения, рекомендации по подготовке к тестам или улучшению конкретных навыков;
- *оптимизация административных процессов* — помощь в планировании и составлении расписания, проектировании курсов и оценке прогресса студентов, эффективности учебных программ и методик обучения, способствующая сокращению временных затрат преподавателей и методистов. Системы рекомендаций предоставляют инструменты для принятия обоснованных управленческих решений.

Представленные направления внедрения и использования рекомендательных систем способствуют комплексному совершенствованию обеспечения образовательного процесса, делая его более эффективным, гибким и соответствующим потребностям обучающихся и преподавателей.

При этом рекомендательные системы могут быть построены для помощи как студентам, так и преподавателям или администрации вуза. С учетом данного фактора системы будут различаться.

Рассмотрим основные преимущества использования рекомендательных систем в об-

разовательной сфере с позиции субъектной направленности:

студенты:

- помогают обучающимся выбрать наиболее подходящие для их образовательных целей и интересов курсы, модули или специализации, учитывая их предварительные знания, индивидуальные характеристики и/или другие показатели;
- способствуют повышению мотивации, вовлеченности и удовлетворенности студентов;
- помогают планировать обучение, следить за прогрессом и уделять внимание слабым и сильным сторонам, содействуя достижению более высокой академической успешности обучающихся;

преподаватели, методисты и тьюторы:

- помогают анализировать и подбирать наиболее подходящие учебные материалы, задания и методики обучения студентов, создавать курсы и модули;
- дают возможность отслеживать успеваемость студентов и выявлять слабые места, на которые следует обратить особое внимание;
- предоставляют аналитическую информацию о качестве и эффективности образовательного процесса на основе данных о прогрессе, поведении, предпочтениях и результатах студентов;

администрация вуза:

- позволяют оптимизировать распределение ресурсов (преподавателей, аудиторий, учебных материалов и др.) на основе данных о потребностях студентов;
- способствуют снижению отчисления, предоставляя данные об академическом прогрессе студентов;
- помогают определить потребности и предпочтения студентов для персонализированной подготовки специалистов, ориентированных на современный рынок труда;
- позволяют принимать управленческие решения, основанные на данных.

Тем не менее, кроме преимуществ, можно выделить и некоторые недостатки таких систем, к примеру:

- требуют большого объема качественных данных об учебной деятельности студентов, а также сложных и точных алгоритмов анализа и прогнозирования, которые могут быть затратными и трудоемкими;
- могут предлагать новым студентам некачественные рекомендации из-за отсутствия данных о пользователе;
- выявляют сложности в сборе данных и обеспечении конфиденциальности и защиты личной информации;
- вызывают недоверие со стороны студентов или преподавателей.

Рекомендательная система для прогнозирования успешности обучения студентов в электронной информационно-образовательной среде вуза: опыт проектирования и использования

Для высших учебных заведений рекомендательные системы становятся эффективным инструментом повышения качества образовательного процесса, адаптируя образовательные программы к изменяющимся потребностям студентов и требованиям рынка труда, способствуя подготовке квалифицированных специалистов.

На базе Марийского государственного университета (МарГУ) была спроектирована и реализована рекомендательная система для прогнозирования успешности обучения студентов в электронной информационно-образовательной среде вуза на основе технологий искусственного интеллекта (Токтарова, Попова 2022). Ниже представлены основные этапы разработки рекомендательной системы (рис. 1).

Предложенная авторами система использует образовательные данные, накапливаемые электронной информационно-образовательной средой (ЭИОС) на базе LMS Moodle МарГУ (рис. 2). Имеющиеся данные делятся на следующие группы:

- идентификация (ID-пользователя, возраст обучающегося, категория курса, название курса);

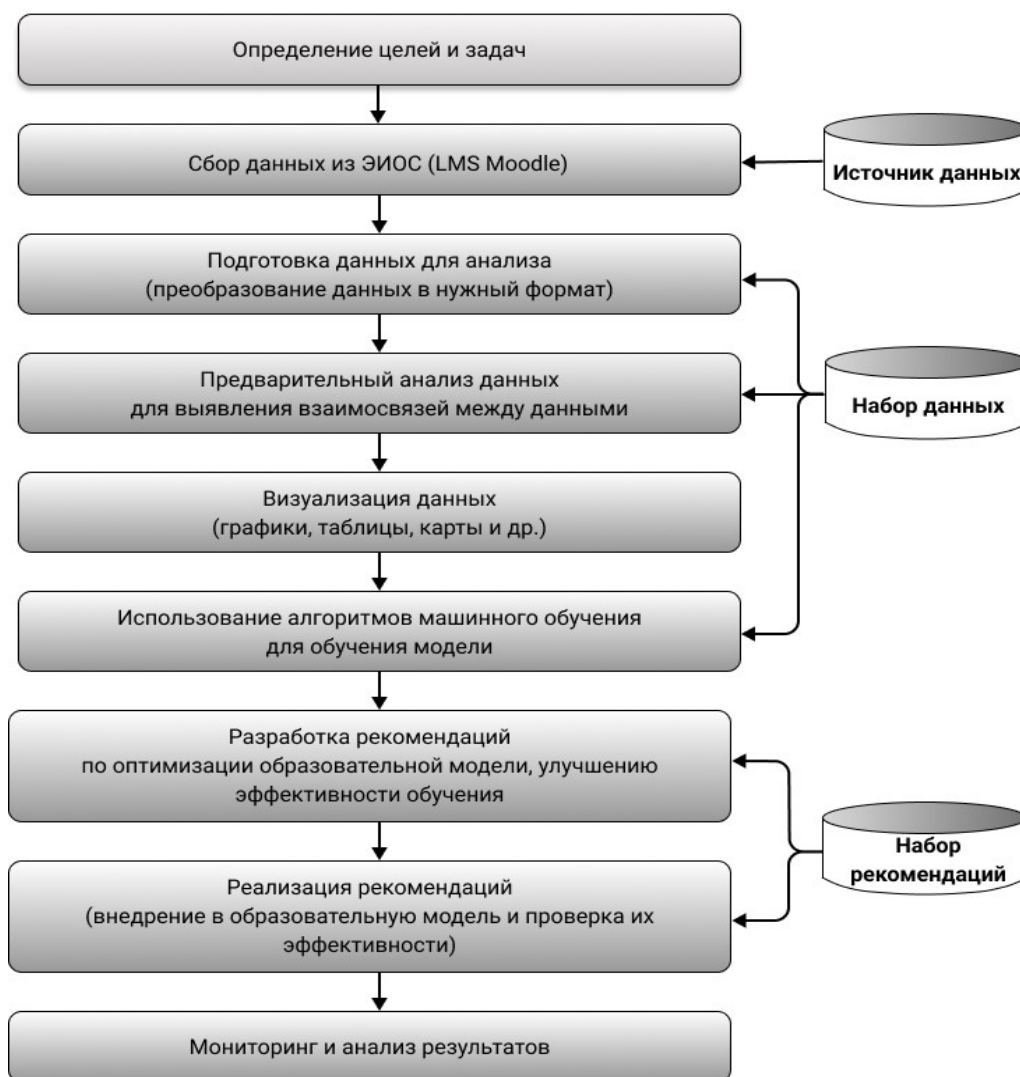


Рис. 1. Этапы разработки рекомендательной системы
 Fig. 1. Stages of the recommender system development

- активность (изучение теоретического материала, выполнение практических заданий курса, прохождение текущей аттестации курса, использование дополнительных средств ЭИОС);
- результативность (оценки за практические задания, оценки за лабораторные работы, оценки за тесты и т. д.).

На начальном этапе исследования было доказано, что итоговая оценка студентов зависит от представленных выше показателей. Визуализация зависимости итоговых оценок от активностей студента представлена в виде тепловых карт на рисунке 3.

Система, полученная на таких данных, имеет следующую функциональность:

- сбор и анализ данных о студентах, их активности в учебной среде, образовательные результаты, а также дополнительные факторы, которые могут влиять на успешность обучения;
- прогнозирование успешности обучения студентов по учебной дисциплине при помощи предиктивных моделей с использованием алгоритмов машинного обучения с целью своевременного корректирующего воздействия в случае необходимости;

id	Текущая оценка в курсе / 5,00	Всего время онлайн	Конспект лекции "Введение. Основные понятия языков программирования": Клики	Конспект лекции "Введение. Основные понятия языков программирования": Оценка / 5,00	Проверочный тест "Введение. Основные понятия языков программирования": Оценка / 5,00	Задания лабораторной работы. Часть 1: Клики	Задания лабораторной работы. Часть 2: Клики	Конспект лекции "Введение в C++": Клики	Конспект лекции "Введение в C++": Оценка / 5,00	Проверочный тест "Указатели": Оценка / 5,00	Задания лабораторной работы "РБ (Статистические массивы, Строки)": Клики	Конспект лекции "Массивы в подпрограммах": Клики	Конспект лекции "Массивы в подпрограммах": Оценка / 5,00	Проверочный тест "Массивы и подпрограммы": Оценка / 5,00	
25760	5	3267.50	27	4.30	4.70	23	15	13	4.59	...	4.60	49	37	5.00	4.70
25761	5	3588.30	19	4.10	4.80	25	38	28	4.81	...	4.60	37	32	5.00	4.90
25762	5	3244.20	10	3.02	4.84	36	32	25	4.22	...	5.00	44	53	4.20	4.70
25763	4	3278.43	13	1.61	1.20	6	22	15	4.11	...	4.20	35	54	5.00	3.70
25764	4	3710.40	11	4.30	4.40	32	17	30	4.53	...	4.82	18	45	5.00	4.80
25765	5	3242.92	24	4.85	4.54	30	32	20	4.67	...	4.90	9	38	4.80	4.80
25766	4	3105.20	28	4.80	3.80	26	32	24	4.31	...	5.00	30	24	4.54	4.70
25767	4	3364.50	17	3.96	4.65	32	25	14	4.09	...	4.80	29	23	4.25	3.60
25768	4	3126.30	10	1.70	3.71	20	18	4	2.83	...	4.20	32	51	5.00	3.80
25769	4	3353.30	25	5.00	3.52	26	29	21	4.78	...	4.10	27	17	4.52	3.90
25770	4	3599.96	21	5.00	5.00	33	33	19	3.31	...	2.82	21	18	2.99	3.10
25771	4	2777.03	25	4.64	3.27	35	25	20	2.36	...	1.99	40	43	4.48	3.60
25772	4	2793.28	13	2.51	3.06	22	33	13	3.04	...	3.44	25	34	3.42	3.20
25777	3	2791.20	11	1.31	1.10	15	12	3	4.08	...	2.20	3	16	2.40	1.10
25778	3	2712.20	13	2.24	4.85	32	33	11	2.73	...	1.10	37	31	2.35	2.40
25782	3	2481.86	22	3.65	5.00	29	26	20	4.64	...	1.94	10	23	0.45	1.40
25783	3	3813.70	14	2.25	3.04	11	20	15	4.54	...	4.20	44	33	5.00	3.20
25785	4	3001.30	20	4.20	4.15	23	15	18	3.54	...	3.78	10	16	3.73	3.77
25786	3	2152.37	13	3.12	2.40	15	16	10	3.57	...	3.51	30	18	3.45	3.20
25788	4	3800.20	17	3.53	3.17	13	14	15	3.92	...	3.80	28	21	3.50	3.60
25789	3	1959.64	16	3.32	3.09	13	21	22	3.50	...	3.10	10	16	3.00	3.50

Рис. 2. Фрагмент данных из LMS
 Fig. 2. A fragment of data from the LMS

— визуализация образовательных данных в виде графических изображений (диаграмм, гистограмм, тепловых карт, таймлайнов и др.), таких, как прогресс студентов по различным темам и заданиям курса, выявление различных взаимосвязей, определение популярных тем учебного курса и др.;

— предоставление рекомендаций как для преподавателей, так и для студентов. Система может дать рекомендации по индивидуальному подходу к студентам в зависимости от их успеваемости, а студентам — рекомендации по выбору дополнительных учебных материалов.

Рекомендательная система анализирует данные об активности и текущей успеваемости студентов и использует их для прогнозирования итоговых оценок. В случае прогнозируемой оценки студента менее 4 баллов, либо наличия определенного количества невыполненных заданий в срок, либо низкой активности студента в образовательной среде (например, редкое посещение страницы курса, отсутствие отправленных заданий за долгое время) система автоматически отправляет уведомление как преподавателю, так и студенту. Уведомления содержат рекоменда-

ции и советы по тому, как улучшить учебные результаты. Например:

— *рекомендации по управлению временем*: предложение студенту расписания для эффективного использования времени на подготовку к занятиям и выполнение заданий. Сообщения могут содержать советы по планированию своего времени, распределению нагрузки, управлению стрессом и повышению мотивации;

— *рекомендации по изучению материала*: стимулирование студента просматривать лекции и дополнительные материалы для лучшего понимания предмета и повышения оценки. Эти рекомендации могут включать в себя ссылки на материалы курса, задания, тесты или другие элементы, которые студент должен изучить;

— *рекомендации по обратной связи*: совет обратиться к преподавателю за дополнительной помощью или объяснениями по тем материалам, которые вызывают затруднения;

— *рекомендации по использованию ресурсов*: предложение использовать доступные учебные ресурсы, такие как онлайн-курсы, учебники или тьюториалы, доступные в рамках образовательной

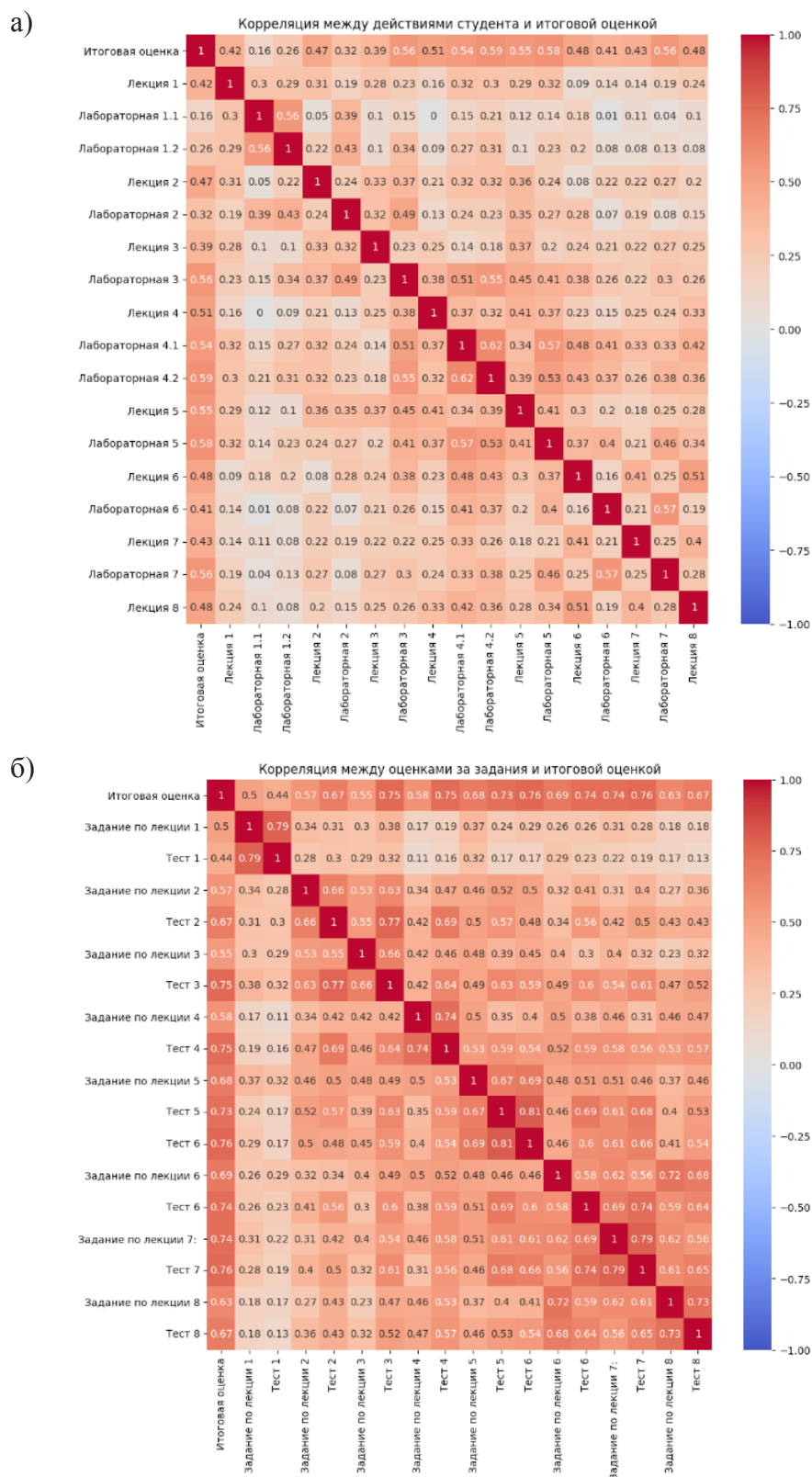


Рис. 3. а) Корреляция между итоговой оценкой и активностью студента в ЭИОС;

б) Корреляция между итоговой оценкой и оценками за задания

Fig. 3. Correlation between the final grade and the student's activity in the digital learning environment (a) and correlation between the final grade and the grades for separate assignments (b)

платформы или на других ресурсах (например, электронных библиотеках), для более глубокого погружения в предмет.

Кроме того, при улучшении прогноза студент получает уведомление с похвалой за достижения. Сообщения отправляются пользователям LMS Moodle с помощью встроенной функции обмена сообщениями (рис. 4).

Заключение

Таким образом, важность интеграции рекомендательных систем на основе искусственного интеллекта в образовательный процесс вуза обоснована требованиями современного цифрового общества. Отмечено, что такие системы способствуют персонализации обучения, повышению мотивации студентов и оптимизации учебного процесса. Рекомендательные системы позволяют адаптировать образовательный контент к индивидуальным потребностям студента,

предоставлять рекомендации по выбору учебных материалов, а также эффективно использовать ресурсы вуза. Они способны учитывать потребности разных групп участников образовательного процесса: студентов, преподавателей, администрации. Это позволяет адаптировать систему под определенные требования. Например, описанная авторами рекомендательная система позволяет выдавать рекомендации студентам не только по изучению определенного учебного материала, но и рекомендации по организации образовательного процесса с целью повышения академической успешности студентов.

В целом широкое внедрение рекомендательных систем на основе искусственного интеллекта в вузы представляет собой перспективное направление, способствующее повышению качества образования и индивидуализации обучения.

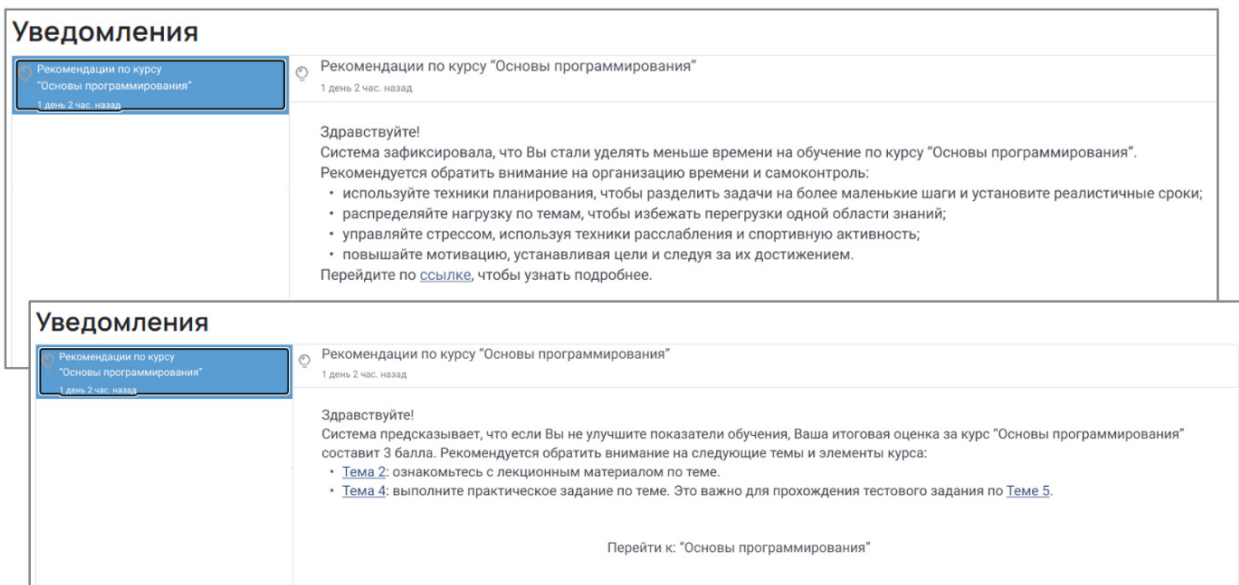


Рис. 4. Примеры рекомендаций для студентов
 Fig. 4. Examples of recommendations for students

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Белоцкий, Е. А., Суетин, А. В. (2016) Построение рекомендательной системы по подбору высших учебных заведений для абитуриентов. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*, № 1, с. 66–77.

Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект». (2019) [Электронный ресурс]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (дата обращения 11.01.2024).

Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59895-2021 «Технологии искусственного интеллекта в образовании. Общие положения и терминология». (2021) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181910> (дата обращения 15.01.2024).

Распоряжение Минпросвещения России от 18 мая 2020 г. № Р-44 «Об утверждении методических рекомендаций для внедрения в основные общеобразовательные программы современных цифровых технологий». [Электронный ресурс]. URL: https://krmbou2.gosuslugi.ru/netcat_files/194/3258/rasporyazhenie_minpros_18.05.2020_N_R_44.pdf (дата обращения 15.01.2024).

Таратухина, Ю. В., Барт, Т. В., Власов, В. В. (2019) Машинное обучение модели информационной рекомендательной системы по вопросам индивидуализации образования. *Образовательные ресурсы и технологии*, № 2 (27), с. 7–14.

Токтарова, В. И., Попова, О. Г. (2022) Анализ образовательных данных взаимосвязи успешности обучения и поведения студентов в цифровой образовательной среде вуза. *Информатика и образование*, т. 37, № 4, с. 54–63. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2022-37-4-54-63>

Arik, A., Oкуay, S., Adar, N. (2021) Hybrid course recommendation system design for a real-time student automation application. *European Journal of Science and Technology*, no. 26, pp. 85–90. <https://doi.org/10.31590/ejosat.944596>

Bobadilla, J., Ortega, F., Hernando, A., Gutiérrez, A. (2013) Recommender systems survey. *Knowledge-Based Systems*, no. 46, pp. 109–132. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.03.012>

Burke, R., Felfernig, A., Göker, M. (2011) Recommender systems: An overview. *Ai Magazine*, vol. 32, no. 3, pp. 13–18. <https://doi.org/10.1609/aimag.v32i3.2361>

Coursera Inc. (2024) *Coursera | Online Courses & Credentials by Top Educators*. [Online]. Available at: <https://www.coursera.org/> (accessed 10.01.2024).

Edusense. (2024) [Online]. Available at: <https://www.edusense.net/> (accessed 10.01.2024).

Houda, O., Lahcen, T., Mou lay, D. E. O. (2023) The use of AI in e-learning recommender systems: A comprehensive survey. *Procedia Computer Science*, vol. 224, pp. 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.061>

Khan Academy (2024) [Online]. Available at: <https://www.khanacademy.org/> (accessed 10.01.2024).

Kerres, M., Buntins, K. (2020) Recommender in AI-enhanced learning: An assessment from the perspective of instructional design. *Open Education Studies*, vol. 2, no. 1, pp. 101–111. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0119>

Kim, J., Kim, T., Yun, B. (2023) Development and application of an AI-based personalized research-paper recommendation system: An example from K University. *Korean Association for Educational Information and Media*, vol. 29, no. 3, pp. 705–730. <https://doi.org/10.15833/kafeiam.29.3.705>

Lee, L.-K., Cheung, S. K. S., Kwok, L. F. (2020) Learning analytics: Current trends and innovative practices. *Journal of Computers Education*, no. 7, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00155-8>

Maphosa, M., Doorsamy, W., Paul, B. (2020) A Review of recommender systems for choosing elective courses. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 9. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.14569/ijaesa.2020.0110933> (accessed 10.01.2024).

Mishra, U. (2021) What is a Content-based Recommendation System in Machine Learning? *Analytics Steps*. [Online]. Available at: <https://www.analyticssteps.com/blogs/what-content-based-recommendation-system-machine-learning> (accessed 14.02.2024).

Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B. (2010) Introduction to Recommender Systems Handbook. In: F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, P. Kantor (eds.). *Recommender Systems Handbook*. Boston: Springer Publ., pp. 1–35. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_1

Student Success Plan. (2024) *Confluence*. [Online]. Available at: <https://apereo.atlassian.net/wiki/spaces/SSP/overview> (accessed 10.01.2024).

Thakur, N., Singh, A., Sangal, A. L. (2022) Cloud services selection: A systematic review and future research directions. *Computer Science Review*, no. 46, article 100514. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2022.100514>

Wong, B. T., Li, K. C. (2020). A review of learning analytics intervention in higher education (2011–2018). *Journal of Computers in Education*, vol. 7, no. 1, pp. 7–28. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00143-7>

REFERENCES

- Belotskij, E. A., Suetin, A. V. (2016) Postroenie rekomendatel'noj sistemy po podboru vysshikh uchebnykh zavedenij dlya abiturientov. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protssy upravleniya*, № 1, s. 66–77.
- Dorozhnaya karta razvitiya “skvoznoj” tsifrovoj tekhnologii “Nejrotekhnologii i iskusstvennyj intellect”. (2019) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (data obrashcheniya 11.01.2024).
- Natsional'nyj standart RF GOST R 59895-2021 “Tekhnologii iskusstvennogo intellekta v obrazovanii. Obshchie polozheniya i terminologiya”. (2021) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181910> (data obrashcheniya 15.01.2024).
- Rasporyazhenie Minprosveshcheniya Rossii ot 18 maya 2020 g. № R-44 “Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendatsij dlya vnedreniya v osnovnye obshcheobrazovatel'nye programmy sovremennykh tsifrovyykh tekhnologij”. [Elektronnyj resurs]. URL: https://krmbou2.gosuslugi.ru/netcat_files/194/3258/rasporyazhenie_minpros_18.05.2020_N_R_44.pdf (data obrashcheniya 15.01.2024).
- Taratukhina, Yu. V., Bart, T. V., Vlasov, V. V. (2019) Mashinnoe obuchenie modeli informatsionnoj rekomendatel'noj sistemy po voprosam individualizatsii obrazovaniya. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*, № 2 (27), s. 7–14.
- Toktarova, V. I., Popova, O. G. (2022) Analiz obrazovatel'nykh dannykh vzaimosvyazi uspeshnosti obucheniya i povedeniya studentov v tsifrovoj obrazovatel'noj srede vuza. *Informatika i obrazovanie*, t. 37, № 4, s. 54–63. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2022-37-4-54-63>
- Arik, A., Okyay, S., Adar, N. (2021) Hybrid course recommendation system design for a real-time student automation application. *European Journal of Science and Technology*, no. 26, pp. 85–90. <https://doi.org/10.31590/ejosat.944596>
- Bobadilla, J., Ortega, F., Hernando, A., Gutiérrez, A. (2013) Recommender systems survey. *Knowledge-Based Systems*, no. 46, pp. 109–132. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.03.012>
- Burke, R., Felfernig, A., Göker, M. (2011) Recommender systems: An overview. *Ai Magazine*, vol. 32, no. 3, pp. 13–18. <https://doi.org/10.1609/aimag.v32i3.2361>
- Coursera Inc. (2024) *Coursera | Online Courses & Credentials by Top Educators*. [Online]. Available at: <https://www.coursera.org/> (accessed 10.01.2024).
- Edusense. (2024) [Online]. Available at: <https://www.edusense.net/> (accessed 10.01.2024).
- Houda, O., Lahcen, T., Mou lay, D. E. O. (2023) The use of AI in e-learning recommender systems: A comprehensive survey. *Procedia Computer Science*, vol. 224, pp. 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.061>
- Khan Academy (2024) [Online]. Available at: <https://www.khanacademy.org/> (accessed 10.01.2024).
- Kerres, M., Buntins, K. (2020) Recommender in AI-enhanced learning: An assessment from the perspective of instructional design. *Open Education Studies*, vol. 2, no. 1, pp. 101–111. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0119>
- Kim, J., Kim, T., Yun, B. (2023) Development and application of an AI-based personalized research-paper recommendation system: An example from K University. *Korean Association for Educational Information and Media*, vol. 29, no. 3, pp. 705–730. <https://doi.org/10.15833/kafeiam.29.3.705>
- Lee, L.-K., Cheung, S. K. S., Kwok, L. F. (2020) Learning analytics: Current trends and innovative practices. *Journal of Computers Education*, no. 7, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00155-8>
- Maphosa, M., Doorsamy, W., Paul, B. (2020) A Review of recommender systems for choosing elective courses. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 9. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110933> (accessed 10.01.2024).
- Mishra, U. (2021) What is a Content-based Recommendation System in Machine Learning? *Analytics Steps*. [Online]. Available at: <https://www.analyticssteps.com/blogs/what-content-based-recommendation-system-machine-learning> (accessed 14.02.2024).
- Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B. (2010) Introduction to Recommender Systems Handbook. In: F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, P. Kantor (eds.). *Recommender Systems Handbook*. Boston: Springer Publ., pp. 1–35. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_1
- Student Success Plan. (2024) *Confluence*. [Online]. Available at: <https://apereo.atlassian.net/wiki/spaces/SSP/overview> (accessed 10.01.2024).
- Thakur, N., Singh, A., Sangal, A. L. (2022) Cloud services selection: A systematic review and future research directions. *Computer Science Review*, no. 46, article 100514. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2022.100514>
- Wong, B. T., Li, K. C. (2020). A review of learning analytics intervention in higher education (2011–2018). *Journal of Computers in Education*, vol. 7, no. 1, pp. 7–28. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00143-7>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ТОКТАРОВА Вера Ивановна — *Vera I. Toktarova*

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия.

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia.

ORCID: [0000-0002-3590-3053](https://orcid.org/0000-0002-3590-3053), e-mail: toktarova@yandex.ru

Доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры прикладной математики и информатики.

КАЗАНЦЕВА Олеся Геннадьевна — *Olesya G. Kazantseva*

Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Россия.

Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia.

ORCID: [0000-0002-2666-1005](https://orcid.org/0000-0002-2666-1005), E-mail: olesya10k@yandex.ru

Аспирант кафедры прикладной математики и информатики.

Научный руководитель: Токтарова Вера Ивановна, доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры прикладной математики и информатики Марийского государственного университета.

Поступила в редакцию: 7 апреля 2024.

Прошла рецензирование: 13 мая 2024.

Принята к печати: 6 июня 2024.