

Структура базы данных цифровой образовательной истории для решения задач учебной аналитики

Т. В. Зыкова¹, А. А. Кытманов², А. А. Кустицкая^{1*}, Р. В. Есин¹

¹ ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Российская Федерация
Адрес: 660041, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79

² ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва, Российская федерация

Адрес: 119452, Российская федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78

* tkustitskaya@sfu-kras.ru

Аннотация

На основе анализа существующих информационных систем и баз данных Сибирского федерального университета предложен подход проектирования структуры университетской базы образовательных данных, включающей различные уровни детализации данных об обучающихся. Сформулированы принципы проектирования архитектуры базы данных вуза, позволяющие разработать и реализовать подход к управлению на основе данных. Данные принципы предполагают студентоориентированность, а также непрерывность и согласованность данных, которые должны обеспечивать правильную структуру и организацию хранения данных. Приводятся примеры отчетов, которые можно получить с помощью SQL-запросов к базе данных цифровой образовательной истории обучающихся. В качестве примера применения такой базы данных рассмотрена задача вычисления характеристик учебного плана как основного документа, определяющего структуру образовательной программы. Данный подход может быть использован для таких задач, как сравнительный анализ учебных планов или оценка качества образовательных программ. На основе предлагаемых инструментов, повышающих прозрачность образовательного процесса и облегчающих выявление его проблемных мест, становится возможным принимать более осознанные решения, касающиеся, например, модернизации учебных планов или отдельных курсов, реализующих дисциплины образовательной программы, формирования контрольных цифр приема на основе выявления тенденций спроса на обучение по различным образовательным программам, определять критические точки образовательных программ, на которых происходит наибольшая потеря контингента и т. д. Важным шагом здесь является проектирование архитектуры базы данных вуза таким образом, чтобы данные об обучающихся собирались и хранились в такой форме, которая может значительно облегчить создание инструментов учебной аналитики.

Ключевые слова: учебная аналитика, база образовательных данных, цифровая образовательная история, анализ учебных планов, управление на основе данных

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-28-00413 «Цифровая образовательная история и ее применение в системах поддержки успешности обучения»).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Структура базы данных цифровой образовательной истории для решения задач учебной аналитики / Т. В. Зыкова [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 360-370. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.360-370>

© Зыкова Т. В., Кытманов А. А., Кустицкая А. А., Есин Р. В., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Digital Educational History Database Structure for Solving Learning Analytics Tasks

T. V. Zykhova^a, A. A. Kytmanov^b, T. A. Kustitskaya^{a*}, R. V. Esin^a

^a Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Address: 79 Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russian Federation

^b MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russian Federation

Address: 78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation

* tkustitskaya@sfu-kras.ru

Abstract

Based on an analysis of existing information systems and databases of Siberian Federal University, we propose an approach to designing the structure of the university education database, including various levels of detail of student data. We formulate the principles of designing the database architecture that allow for the development and implementation of a data-based management approach. These principles assume student-centeredness, as well as continuity and consistency of data, which should ensure the correct structure and organization of data storage. We give examples of reports that can be obtained using SQL queries to a database of digital educational history of students are given. As an example of the use of such a database, the problem of calculating the characteristics of the curriculum as the main document defining the structure of the educational program is considered. This approach can be used for such tasks as comparative analysis of curricula or assessing the quality of educational programs. Based on the proposed tools that increase the transparency of the educational process and facilitate the identification of problem areas, it becomes possible to make more informed decisions regarding, for example, the modernization of curricula or individual courses implementing disciplines of the educational program, forming admission targets based on identifying trends in demand for training in various educational programs, identifying critical points of educational programs where the greatest loss of students occurs, etc. An important step here is designing the architecture of the higher education institution database in such a way that data on students is collected and stored in a form that can greatly facilitate the creation of learning analytics tools.

Keywords: learning analytics, education database, digital educational history, curriculum analysis, data-driven management

Funding: The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Scientific Foundation (project 22-28-00413 “Digital Educational History and Its Application in the Systems of Support of Learning Success”).

Conflict of interests: The authors declares no conflict of interest.

For citation: Zykhova T.V., Kytmanov A.A., Kustitskaya T.A., Esin R.V. Digital Educational History Database Structure for Solving Learning Analytics Tasks. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):360-370. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.360-370>



Введение

Быстрые технологические изменения последнего десятилетия привели к значительному росту цифровой инфраструктуры, которая затрагивает все сферы жизнедеятельности человека. Объемы данных, которые собираются, хранятся и обрабатываются, значительно увеличились. При этом лишь ограниченная часть этих данных используется для принятия решений и обычно соответствует уровню культуры работы с данными в конкретной компании [1-3]. В этих обстоятельствах на сегодняшний день как никогда становится актуальной задача управления на основе данных [4, 5].

Процесс цифровой трансформации образовательного процесса затрагивает разные направления [6-8]: разработка личного кабинета обучающихся [9], адаптивных курсов [10, 11], различных систем поддержки процесса обучения [12-14]. К настоящему моменту университеты накопили большой объем данных, который используется только для традиционного применения, связанного, например, с мониторингом успеваемости студентов, обменом информацией между подразделениями и т.д. Эти данные мало используются для управления учебным процессом, например, для решения таких задач, как снижения количества студентов, неудовлетворенных образовательным процессом или испытывающих проблемы с освоением образовательной программы, оценка качества образовательных программ. Проблема правильного сбора и хранения данных образовательного процесса является сложной задачей, решение которой может значительно повысить производительность и качество предоставляемых вузом образовательных услуг [15-18]. Те образовательные организации, которые перейдут на новый технологический уровень, смогут реализовать подход в управлении образовательным процессом на основе данных, смогут значительно повысить конкурентоспособность и привлекательность на образовательном рынке.

В работе [19] была описана структура цифрового профиля обучающегося, включающая две составляющие – цифровой личностный портрет и цифровую образовательную историю, отмечены возможные связи между ними, выполнена классификация компонентов и определены источники получения этих компонентов из ЭИОС вуза. Подробно описано понятие цифровой образовательной истории, которая представляет собой совокупность данных об учебной деятельности обучающегося и достигнутых им образовательных результатах. Обозначена проблема полноты данных цифровой образовательной истории. Был обозначен ряд проблем, связанных со сбором, верификацией таких данных, этикой их использования и применимостью для решения задач управления обучением.

Целью данной работы является представление структуры базы образовательных данных вуза, более подробно описанной в [20], которую можно рассматривать как совокупность баз данных вуза, спроектированную таким образом, чтобы она позволяла осуществлять сбор, хранение и обработку всех данных, необходимых для реализации концепции принятия решений на основе данных с точки зрения управления образовательным процессом в вузе. В частности, приводится пример вычисления характеристик учебного плана образовательной программы.

База образовательных данных на основе принципов цифровой образовательной истории

К цифровой образовательной истории студента могут быть отнесены самые различные данные об академических достижениях студента до поступления (оценки аттестата о среднем образовании, результаты конкурсов, баллы по вступительным экзаменам), итоговые оценки студента в прошлых семестрах, текущую успеваемость и данные о поведении в процессе обучения. В нее могут быть включены данные о внеклассных мероприятиях, например, оценки по внешним образовательным ресурсам [19]. Данное понятие было использовано в качестве основы для разработки архитектуры предлагаемой базы образовательных данных [20]. Также в работе [20] были сформулированы принципы, которые, по нашему мнению, могут играть ключевую роль при разработке базы образовательных данных:

- студентоориентированность;
- непрерывность данных;
- согласованность данных.

Первый принцип обусловлен центральной ролью студента как участника процесса обучения, любые образовательные ресурсы и программы разрабатывают для студентов. Второй принцип предполагает сохранение всех данных, касающихся образовательной деятельности. Важно недопускать безвозвратной перезаписи данных, чтобы иметь возможность проанализировать все временные этапы процесса обучения. Принцип согласованности данных является важным не только для данных об образовании, но и для данных, используемых во всех областях, связанных с человеком. Он подразумевает правильную структуру и организацию хранения данных, что исключает ввод противоречивой информации и минимизирует дублирование, ошибки человеческого фактора при вводе информации и т.д. Данный принцип способствует использованию информации из образовательной базы данных по сути частично выполняя этап предобработки данных для решения задач учебной аналитики и принятия решений на основе данных [20].

Вышеперечисленные принципы позволяют сохранять без потерь образовательные данные. Например, рассмотрим такую характеристику студента, как образовательная программа, по которой он обучается. Если студент переводится с одной программы на другую, это может указывать на изменение его интересов, трудности с предыдущей программой или более высокую конкурентоспособность следующей образовательной программы (анализ причин перевода можно провести, исходя из других данных об индивидуальной траектории обучения студента). Это может предоставить образовательной организации сведения, важные для улучшения образовательных программ.

База образовательных данных на примере Сибирского федерального университета

Для оценки реализуемости представленных принципов на практике и выявления возможных проблем мы разработали



структуру базы образовательных данных (БД ЦОИ – база данных цифровой образовательной истории обучающихся) для Сибирского федерального университета (СФУ) на основе существующей информационной инфраструктуры.

На первом этапе были проанализированы все основные информационные системы СФУ, работающие с данными об обучении студентов. В СФУ функционируют несколько информационных систем (ИС), которые широко представлены на российском и международном уровне, а также ИС собственной разработки. Для разработки структуры БД нам были предоставлены образцы данных из указанных ИС. На рисунке 1 представлена схема БД ЦОИ, отражающая ее общую структуру и содержание. БД ЦОИ — реляционная база данных, разработанная на платформе Microsoft SQL Server 2022 с использованием Microsoft Server Management Studio 19.

Опишем ключевые этапы проектирования структуры БД, которые были выполнены на основе анализа существующей информационной инфраструктуры.

В соответствии с принципом студентоориентированности в схеме БД (рис. 1) все таблицы связаны через ключевое поле `student_id` (код студента). Это также отражается размещением таблицы `Student_personal_data` в центре схемы.

Принцип непрерывности данных заключается в том, что даты различных типов событий фиксируются во всех связанных со студентом таблицах БД (такие поля, как `exam_date`, `exam_retake_date`, `recording_date`, `order_date`, `entrance_date`).

Принимая во внимание тот факт, что в разных ИС могут содержаться данные, дублирующие друг друга, для соблюдения принципа согласованности данных был выполнен шаг нормализации, то есть избавление от избыточных данных. На рис. 1 показаны ключевые поля базы данных: идентификатор студента (`student_id`), идентификатор образовательной программы (`edu_program_id`), идентификатор учебного плана (`curriculum_id`), идентификатор дисциплины (`subject_id`), идентификатор электронного обучающего курса (`e-course_id`).

Проиллюстрируем идею нормализации на следующем примере. Когда потенциальный студент впервые появляется в информационной системе «Абитуриент», ему присваивается уникальный идентификационный номер (`student_id`). Этот идентификационный номер никогда не меняется, и он связан с личными данными человека в соответствующей таблице базы данных `Student_personal_data`. Эта таблица содержит имя студента, дату рождения и т. д. В то же время, другие ИС университета могут также содержать личные данные студента, что вызывает различные проблемы. Во-первых, ИС хранят избыточные данные, дублирующие друг друга. Во-вторых, в некоторых таблицах БД могут быть ошибки (опечатки), обусловленные человеческим фактором при вводе данных, что может привести к конфликтам между различными ИС. В-третьих, персональные данные (например, фамилия) могут быть изменены, а обновления в разных ИС могут выполняться в разное время, что опять же может привести к конфликтам. Нормализованная БД хранит все личные данные студента в одном месте, чтобы никакие данные не дублировались. Все связи между различными ИС осуществляются через поле `student_id`.

При поступлении на определенную образовательную программу (ОП) к идентификатору обучающегося (`student_id`) присоединяется уникальный код образовательной програм-

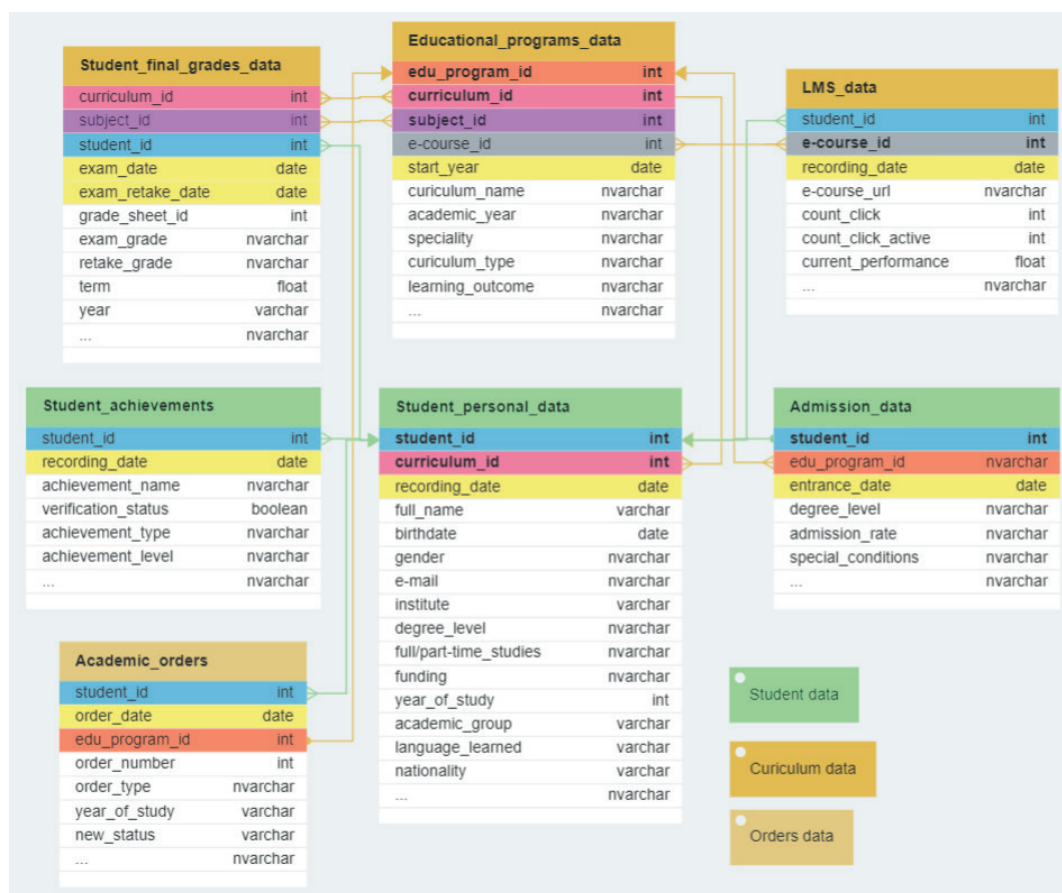
мы (`edu_program_id`), одно из ключевых полей в БД. Остальные данные, такие как уровень образования, очное/заочное обучение, особые условия (на основании медицинских документов, если таковые имеются), хранятся в таблице `Admission_data`.

Сотрудники СФУ используют две широко распространенные в РФ системы управления корпоративным контентом (ЕСМ): «Планы», разработанная лабораторией ММИС и «1С:Документооборот» от 1С. «Планы» на сегодняшний день является одной из самых распространенных программных систем для проектирования, хранения и работы с компонентами образовательных программ. Данная система используется для разработки учебных программ, персональных учебных планов, программ курсов и планирования рабочей нагрузки. «1С:Документооборот» позволяет вести документацию по сотрудникам вуза и статусу обучающихся: бухгалтерию, академические приказы и т. д. На основе интеграции данных этих систем данные импортируются в основную таблицу `Student_personal_data`, где хранятся личные данные студента: идентификатор студента, имя, дата рождения, пол и т. д. Она связана с таблицей `Educational_programs_data` через идентификатор учебного плана образовательной программы (`curriculum_id`). Эта таблица содержит данные, относящиеся к образовательной программе и соответствующему учебному плану, определяющему направление обучения (см. рис. 1).

Кроме этого, в СФУ разработана и действует корпоративная социальная сеть «Мой СФУ» (i.sfu-kras.ru) для студентов и сотрудников университета. Созданная командой разработчиков университета, она была запущена в 2013 году и с тех пор претерпела несколько обновлений. Она позволяет студентам получить доступ к различной информации, например, программам курсов, учебникам по курсам, имеющимся в библиотеке университета, получить доступ к своим электронным зачетным книжкам, просмотреть детали изданных приказов, касающихся учебного процесса, подать заявку на стипендию и конкурсы на основе их достижений. Дает возможность общаться с профессорско-преподавательским составом, управлять групповой работой в рамках учебной или внеучебной деятельности, позволяет следить за новостями и объявлениями вуза. Данные о достижениях студентов импортируются из сервиса «Мой СФУ» (таблица `Student_achievements`) и связываются с таблицей `Student_personal_data` через `student_id`. В таблице достижений хранятся данные о названии достижения, типе, уровне, статусе подтверждения и времени добавления записи (`recording_date`).

С 2010 года СФУ разрабатывает платформу «е-Курсы» на базе LMS Moodle для поддержки учебной деятельности студентов. На сегодняшний день разработано более 20 000 курсов, которые доступны на платформе. Каждый курс имеет свой уникальный идентификатор (`e_course_id`), связывающий таблицу `LMS_data` с таблицей `Educational_programs_data`. Таблица `LMS_data` также связана с таблицей `Student_personal_data` через поле `student_id`. В таблицу импортируются данные об учебной деятельности студента в платформе «е-Курсы», такие как количество набранных баллов (с указанием времени начисления баллов), количество попыток выполнить определенный тест, количество активных кликов, общее количество кликов и т. д.





Р и с. 1. Схема базы образовательных данных

Fig. 1. The schema of the educational database

Источник: здесь и далее в статье все таблицы и рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all tables and figures were made by the authors.

Институт космических и информационных технологий, подразделение СФУ, разработал собственную автоматизированную систему управления информацией dec_sfu (АСУ ИКИТ), функционирующую на базе института. АСУ ИКИТ дополняет общеуниверситетскую информационную инфраструктуру и позволяет институту работать как единое целое: административный персонал (редактирование прав пользователей и доступ к различным компонентам информационной системы), сотрудники учебного отдела (составление отчетов, записей, приказов, уведомлений, ведомостей и др.), преподавательский состав (заполнение и подписание ведомостей, привязка академических групп к электронным курсам, просмотр уведомлений), студенты (просмотр журналов, приказов, уведомлений, заказ справок), представители студентов (просмотр посещаемости, успеваемости, приказы). Таким образом, интеграция различных ИС вуза в единое целое требует тщательного проектирования процессов обмена информацией между существующими ИС, что является непростой задачей. Следование принципам проектирования базы образовательных данных, обозначенный выше, может помочь спроектировать БД, позволяющую решать широкий спектр задач учебной аналитики.

Приведем примеры данных, которые можно получить из БД ЦОИ с помощью SQL-запросов с автоматической обработкой результатов.

Пример 1. В таблице 1 показано распределение оценок за экзамен по «Высшей математике» группы студентов первого курса бакалавриата.

Т а б л и ц а 1. Распределение оценок за экзамен по «Высшей математике» группы студентов первого курса бакалавриата
Table 1. Distribution of grades for the Further Mathematics exam of a group of first-year bachelor's degree students

Итоговая оценка	Количество студентов	Процент
5	6	24%
4	8	32%
3	5	20%
2	2	8%
н/я	4	16%
Всего	25	100%



Пример 2. В таблице 2 приведены некоторые записи цифровой образовательной истории студента.

Таблица 2. Некоторые записи цифровой образовательной истории студента
Table 2. Some records of a student's digital educational history

Идентификатор студента:	12345
Дата регистрации: Фамилия: Имя: Академический статус: Уровень образования: Специальность: Группа:	11 августа 2020 г. Фамилия_1 Имя_1 зачислен бакалавриат прикладная информатика ПИ20-11
Обновление академического статуса_1: Дата обновления академического статуса_1: Основание обновления академического статуса_1:	академический отпуск 23 апреля 2021 г. медицинские документы
Обновление академического статуса_2: Дата обновления академического статуса_2: Основание обновления академического статуса_2:	зачислен 5 февраля 2022 г. восстановление из академического отпуска
Обновление специальности_1: Дата обновления специальности_1: Основание обновления специальности_1:	программная инженерия 5 февраля 2022 г. запрос студента (одобрен)
Обновление группы_1: Дата обновления группы_1: Основание обновления группы_1:	ПИ21-12 5 февраля 2022 г. переход на другую специальность

Оценка качества образовательных программ

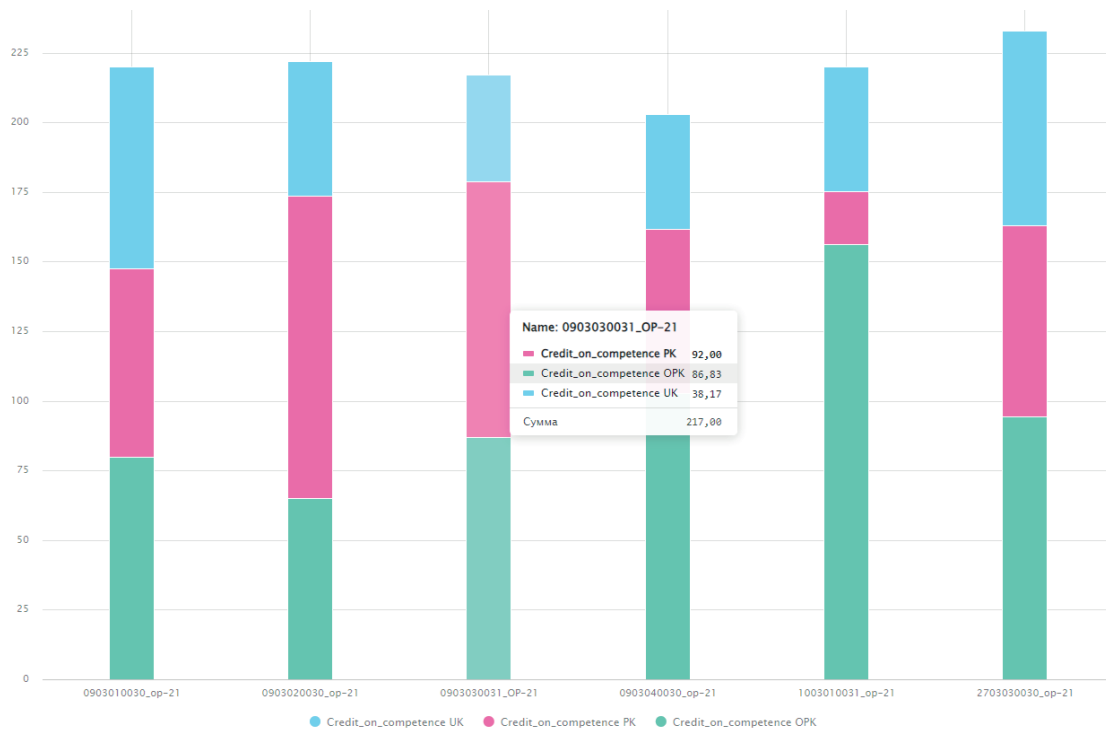
Успеваемость студента по определенной ОП или курсу может зависеть не только от способностей студента или отношения к учебе [21], но и от образовательного дизайна программы/курса, методов обучения, профессионализма и личных качеств преподавательского состава [22]. Можно рассматривать проблему качества образовательной программы с точки зрения того, насколько ее содержание, структура и образовательный дизайн учебного плана способствуют успешному достижению заявленных результатов обучения. В качестве первого шага исследования указанной проблемы мы рассматриваем учебный план образовательной программы как основной документ, определяющий ее структуру, содержание и образовательное оформление. На данный момент мы не делаем различий между похожими курсами (с одинаковым количеством зачетных единиц) разных образовательных программ, реализуемых в разных вузах, и не учитываем влияние преподавателей курса на качество курса. Таким образом, основное внимание мы уделяем изучению учебного плана, его содержанию (дисциплины, практики, квалификационная

работа), структуры (последовательности дисциплин, упорядоченности, междисциплинарных связей и т.д.) с целью выявления взаимосвязи между дизайном ОП и ее качеством. В работе [23] на основе компетентного подхода была предложена модель представления УП в виде простого взвешенного неориентированного графа, предложен подход к определению междисциплинарных связей образовательных единиц УП на основе их трудоемкости и формируемых компетенций. Показаны варианты интегральных характеристик графовых представлений УП, на основе которых можно проводить их оценку, а также сравнительный анализ соответствующих ОП. Полученное визуальное представление междисциплинарных связей помогает лучше понять структуру УП, выявить дисциплины с максимальным числом междисциплинарных связей, а также произвести декомпозицию плана на кластеры наиболее связанных между собой дисциплин. Очевидно, задача оценки качества ОП является весьма сложной, трудоемкой и не лишенной субъективизма. Тем не менее, разработка принципов, методов и подходов к оценке качества ОП и инструментов такой оценки является важной задачей для вузов в свете быстро меняющихся требований рынка труда и возрастающей конкуренции между вузами. Хотя процесс оценки качества ОП является весьма трудоемким, все же можно определить, хорошо ли разработана программа или есть серьезные недочеты. Для этого можно рассматривать такие данные, как количество поступающих на место (данные о приеме), средние баллы вступительных испытаний, сведения о входящей и исходящей студенческой миграции (по определенной ОП), распределение итоговых курсовых оценок, количество пересдач экзаменов. Кроме того, можно опросить студентов на предмет их удовлетворенности различными компонентами их ОП: расписанием, содержанием курса, квалификацией и отношением преподавателей курса, возможностями, предоставляемыми программой (стажировки, карьерные перспективы и т. д.). Еще одним важным параметром является доля выпускников программы, успешно нашедших работу по специальности в течение ограниченного периода времени после окончания обучения. Такие данные имеет смысл рассматривать на межвузовском уровне, сравнивая аналогичные образовательные программы в разных вузах. После проведения оценки качества ОП можно поставить задачу выявления особенностей ее УП, связанных с ее достоинствами или недостатками. Такой подход может привести к разработке инструментов для разработки «оптимального УП» для данной ОП. Здесь под оптимальностью УП понимается более эффективное достижение обучающимися образовательных результатов, заявленных в ОП. В настоящее время проблемы проектирования УП с помощью инструментов учебной аналитики находятся в самом начале пути [24, 25]. В то же время результаты в этой области могут иметь большое значение для решения задачи управления обучением на основе данных. Приведем примеры, демонстрирующие как на основе образовательных данных можно сравнить несколько УП. На рисунке 2 представлены результаты сравнения УП по ОП, реализуемым в Институте космических и информационных технологий СФУ. Данная гистограмма визуализирует распределение компетенций по группам и позволяет оценить относительный вес каждой группы в УП. На рисунке 3 представлено распределение зачетных единиц (ЗЕ) по группам компетенций в УП.





Р и с. 2. Распределение компетенций по группа в различных УП
Fig. 2. The competencies distribution by groups in different curricula



Р и с. 3. Распределение ЗЕ по группам компетенций в различных УП
Fig. 3. The distribution of credits by competence groups in various curricula



Заключение

Разработка инструментов управления образовательным процессом на основе данных является актуальной и важной задачей. На основе инструментов, повышающих прозрачность образовательного процесса и облегчающих выявление его проблемных мест, становится возможным принимать более осознанные решения, касающиеся, например, модернизации УП или отдельных курсов, реализующих дисциплины ОП, формирования контрольных цифр приема на основе выявления

тенденций спроса на обучение по различным ОП, определения критических точек ОП, на которых происходит наибольшая потеря контингента и других задач. Важным шагом здесь является проектирование архитектуры университетской базы данных таким образом, чтобы данные об обучающихся собирались и хранились в такой форме, которая может значительно облегчить создание таких инструментов. В работе предложены такие принципы проектирования базы данных и приведены примеры инструментов для решения задач учебной аналитики на основе предложенной архитектуры данных.

Список использованных источников

- [1] Hai T. N., Van Q. N., Thi Tuyet M. N. Digital transformation: Opportunities and challenges for leaders in the emerging countries in response to COVID-19 pandemic // *Emerging Science Journal*. 2021. Vol. 5. P. 21-36. <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2021-SPER-03>
- [2] García-Peñalvo F. J. Transformación digital en las universidades: Implicaciones de la pandemia de la COVID-19 // *Education in the Knowledge Society*. 2021. Vol. 22. Article number: e25465. <https://doi.org/10.14201/eks.25465>
- [3] Tsai Y., Rates D., Moreno-Marcos P.M., Muñoz-Merino P.J., Jivet I., Scheffel M., Gašević D. Learning analytics in european higher education – Trends and barriers // *Computers & Education*. 2020. Vol. 155. P. 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103933>
- [4] Chan L., Hogaboam L., Cao R. Artificial intelligence in education // *Applied Artificial Intelligence in Business. Applied Innovation and Technology Management*. Cham: Springer, 2022. P. 265-278. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05740-3_17
- [5] A survey on big data-enabled innovative online education systems during the COVID-19 pandemic / Y. Cui [et al.] // *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023. Vol. 8, issue 1. Article number: 100295. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100295>
- [6] Левицкий М. Л., Гриншкун В. В., Заславская О. Ю. Тенденции и особенности современного этапа информатизации высшей школы // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2022. Т. 19, № 4. С. 285-299. <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-4-285-299>
- [7] Каракозов С. Д., Уваров А. Ю. Успешная информатизация = трансформация учебного процесса в цифровой образовательной среде // *Проблемы современного образования*. 2016. № 2. С. 7-19. EDN: VVEYBN
- [8] Трудности и перспективы цифровой трансформации образования / А. Ю. Уваров [и др.]. М.: Высшая школа экономики, 2019. 343 с. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-1990-5>
- [9] Бурняшов Б. А. Программное обеспечение электронного портфолио студентов российской высшей школы // *Открытое образование*. 2021. Т. 25, № 6. С. 24-35. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2021-6-24-35>
- [10] Кочеткова Т. О., Карнаухова О. А., Майер В. Р. Адаптивный модуль как эффективное средство обучения математике первокурсников с разным уровнем школьной математической подготовки // *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева*. 2019. Т. 49, № 3. С. 71-82. <https://doi.org/10.25146/1995-0861-2019-49-3-144>
- [11] Кречетов И. А., Романенко В. В. Реализация методов адаптивного обучения // *Вопросы образования*. 2020. № 2. С. 252-277. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>
- [12] Быстрова Т. Ю., Ларионова В. А., Сеницын Е. В., Толмачев А. В. Учебная аналитика MOOK как инструмент прогнозирования успешности обучающихся // *Вопросы образования*. 2018. № 4. С. 139-166. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-4-139-166>
- [13] Macfadyen L. P., Dawson S. Mining LMS data to develop an “early warning system” for educators: A proof of concept // *Computers & education*. 2010. Vol. 54, No. 2. P. 588-599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.008>
- [14] Lee S., Chung J. Y. The Machine Learning-Based Dropout Early Warning System for Improving the Performance of Dropout Prediction // *Applied Sciences*. 2019. Vol. 15, No. 9. Article number: 3093. <https://doi.org/10.3390/app9153093>
- [15] Kew S. N., Tasir Z. Learning Analytics in Online Learning Environment: A Systematic Review on the Focuses and the Types of Student-Related Analytics Data // *Technology, Knowledge and Learning*. 2022. Vol. 27. P. 405-427. <http://doi.org/10.1007/s10758-021-09541-2>
- [16] Arnold K. E., Pistilli M. D. Course Signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success // *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK'12)*. Vancouver, BC, Canada. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2012. P. 267-270. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330666>
- [17] Teasley S. D., Kay M., Elkins S., Hammond J. User-Centered Design for a Student-Facing Dashboard Grounded in Learning Theory // *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics. Advances in Analytics for Learning and Teaching* ; ed. by M. Sahin, D. Ifenthaler. Cham: Springer, 2021. P. 191-212. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81222-5_9
- [18] Gonçalves A. L., Carlos L. M., da Silva J. B., Alves G. R. Personalized Student Assessment based on Learning Analytics and Recommender Systems. In: *Proceedings of the 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*. Aveiro, Portugal: IEEE Press; 2018. P. 1-7. <https://doi.org/10.1109/CISPEE.2018.8593493>
- [19] Есин Р. В., Зыкова Т. В., Кустицкая Т. А., Кытманов А. А. Цифровая образовательная история как составляющая цифрового профиля обучающегося в условиях трансформации образования // *Перспективы науки и образования*. 2022. Т. 59, № 5. С. 566-584. <https://doi.org/10.32744/pse.2022.5.34>



- [20] Kustitskaya T. A., Esin R. V., Kytmanov A. A., Zyкова T. V. Designing an Education Database in a Higher Education Institution for the Data-Driven Management of the Educational Process // *Education Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 9. Article number: 947. <https://doi.org/10.3390/educsci13090947>
- [21] Крокинская О. К., Трапицын С. Ю. Студент как «потребитель образования»: содержание категорий // *Высшее образование в России*. 2015. № 6. С. 65-75. EDN: UDQZXR
- [22] Сердитова Н. Е., Белоцерковский А.В. Образование, качество и цифровая трансформация // *Высшее образование в России*. 2020. Т. 29, № 4. С. 9-15. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-4-9-15>
- [23] Применение силового алгоритма визуализации графов для анализа учебных планов образовательных программ высшего образования / Т. В. Зыкова [и др.] // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2023. Т. 19, № 1. С. 104-116. <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.104-116>
- [24] Romero C., Ventura S. Educational data mining and learning analytics: An updated survey // *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. 2020. Vol. 10, issue 3. Article number: e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- [25] Тишкина К. О., Елисеева О.В., Багаутдинова А.Ш., Шилова К.С., Ефремова А.А. Подход к управлению качеством образовательных программ на основе данных // *Университетское управление: практика и анализ*. 2022. Т. 26, № 3. С. 112-119. <https://doi.org/10.15826/umpa.2022.03.025>

Поступила 17.02.2024; одобрена после рецензирования 28.04.2024; принята к публикации 11.06.2024.

Об авторах:

Зыкова Татьяна Викторовна, доцент кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (660041, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>, zykovatv@mail.ru

Кытманов Алексей Александрович, заведующий кафедрой высшей математики Института перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119452, Российская федерация, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78), доктор физико-математических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3325-099X>, aakytm@gmail.com

Кустицкая Татьяна Алексеевна, доцент кафедры прикладной математики и анализа данных Института космических и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (660041, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79), кандидат физико-математических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9854-1259>, tkustitskaya@sfu-kras.ru

Есин Роман Витальевич, доцент кафедры прикладной математики и анализа данных Института космических и информационных технологий, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (660041, Российская Федерация, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79), кандидат педагогических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9682-4690>, resin@sfu-kras.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Hai T.N., Van Q.N., Thi Tuyet M.N. Digital transformation: Opportunities and challenges for leaders in the emerging countries in response to COVID-19 pandemic. *Emerging Science Journal*. 2021;5:21-36. <http://dx.doi.org/10.28991/esj-2021-SPER-03>
- [2] García-Peñalvo F.J. Transformación digital en las universidades: Implicaciones de la pandemia de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*. 2021;22:e25465. <https://doi.org/10.14201/eks.25465>
- [3] Tsai Y., Rates D., Moreno-Marcos P.M., Muñoz-Merino P.J., Jivet I., Scheffel M., Gašević D. Learning analytics in european higher education — Trends and barriers. *Computers & Education*. 2020;155:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103933>
- [4] Chan L., Hogaboam L., Cao R. Artificial intelligence in education. In: *Applied Artificial Intelligence in Business. Applied Innovation and Technology Management*. Cham: Springer; 2022. p. 265-278. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05740-3_17
- [5] Cui Y., Ma Z., Wang L., Yang A., Liu Q., Kong S., Wang H. A survey on big data-enabled innovative online education systems during the COVID-19 pandemic. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023;8(1):100295. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100295>
- [6] Levitskiy M.L., Grinshkun V.V., Zaslavskaya O.Yu. *Tendentsii i osobennosti sovremennogo etapa informatizatsii vysshey shkoly* [Trends and features of the informatization of higher education modern stage]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya* = RUDN Journal of Informatization in Education. 2022;19(4):285-299. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.22363/2312-8631-2022-19-4-285-299>
- [7] Karakozov S.D., Uvarov A.Yu. *Uspeshnaya informatizatsiya = transformatsiya uchebnogo protsessa v tsifrovoy obrazovatel'noy srede* [Successful informatization=transformation of the educational process in the digital educational environment]. *Problemy sovremennogo obrazovaniya* = Problems of modern education. 2016;(2):7-19. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: VVEYBN



- [8] Uvarov A.Yu., Gable E., Dvoretzskaya I.V., Zaslavsky I.M., Karlov I.A., Mertsalova T.A., Sergomanov P.A., Frumin I.D. *Trudnosti i perspektivy tsifrovoy transformatsii obrazovaniya* [Difficulties and prospects of the digital transformation of education]. Moscow, HSE; 2019. 343 p. (In Russ.) <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-1990-5>
- [9] Burnyashov B.A. *Programmnoye obespecheniye elektronnoy portfolio studentov rossiyskoy vysshey shkoly* [Software for Electronic Portfolio of Students of the Russian Higher Education]. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2021;25(6):24-35. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2021-6-24-35>
- [10] Kochetkova T.O., Karnaukhova O.A., Mayer V.R. *Adaptivnyy modul' kak effektivnoye sredstvo obucheniya matematike pervokursnikov s raznym urovnem skol'noy matematicheskoy podgotovki* [Adaptive module as an effective means of teaching mathematics to first-year students with different level of secondary school mathematics skills]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'yeva* = Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev. 2019;49(3):71-82. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25146/1995-0861-2019-49-3-144>
- [11] Krechetov I.A., Romanenko V.V. *Realizatsiya metodov adaptivnogo obucheniya* [Implementing the Adaptive Learning Techniques]. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2020;(2):252-277. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>
- [12] Bystrova T.Yu., Larionova V.A., Sinitsyn E.V., Tolmachev A.V. *Uchebnaya analitika MOOK kak instrument prognozirovaniya uspehnosti obuchayushchikhsya* [Learning Analytics in Massive Open Online Courses as a Tool for Predicting Learner Performance]. *Voprosy obrazovaniya* = Educational Studies Moscow. 2018;(4):139-166. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2018-4-139-166>
- [13] Macfadyen L.P., Dawson S. Mining LMS data to develop an «early warning system» for educators: A proof of concept. *Computers & education*. 2010;54(2):588-599. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.008>
- [14] Lee S., Chung J.Y. The Machine Learning-Based Dropout Early Warning System for Improving the Performance of Dropout Prediction. *Applied Sciences*. 2019;9(15):3093. <https://doi.org/10.3390/app9153093>
- [15] Kew S.N., Tasir Z. Learning Analytics in Online Learning Environment: A Systematic Review on the Focuses and the Types of Student-Related Analytics Data. *Technology, Knowledge and Learning*. 2022;27:405-427. <http://doi.org/10.1007/s10758-021-09541-2>
- [16] Arnold K.E., Pistilli M.D. Course Signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK'12)*, Vancouver, BC, Canada. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2012. p. 267-270. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330666>
- [17] Teasley S.D., Kay M., Elkins S., Hammond J. User-Centered Design for a Student-Facing Dashboard Grounded in Learning Theory. In: Sahin M., Ifenthaler D. (eds) *Visualizations and Dashboards for Learning Analytics. Advances in Analytics for Learning and Teaching*. Cham: Springer; 2021. p. 191-212. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81222-5_9
- [18] Gonçalves A.L., Carlos L.M., da Silva J.B., Alves G.R. Personalized Student Assessment based on Learning Analytics and Recommender Systems. In: *Proceedings of the 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*. Aveiro, Portugal: IEEE Press; 2018. p. 1-7. <https://doi.org/10.1109/CISPEE.2018.8593493>
- [19] Esin R.V., Zykova T.V., Kustitskaya T.A., Kytmanov A.A. *Tsifrovaya obrazovatel'naya istoriya kak sostavlyayushchaya tsifrovogo profilya obuchayushchegosya v usloviyakh transformatsii obrazovaniya* [Digital educational history as a component of the digital student's profile in the context of education transformation]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* = Perspectives of Science and Education. 2022;59:566-584. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32744/pse.2022.5.34>
- [20] Kustitskaya T.A., Esin R.V., Kytmanov A.A., Zykova T.V. Designing an Education Database in a Higher Education Institution for the Data-Driven Management of the Educational Process. *Education Sciences*. 2023;9(13):947. <https://doi.org/10.3390/educsci13090947>
- [21] Krokinskaya O.K., Trapitsyn S.Yu. *Student kak «potrebitel' obrazovaniya»: sodержaniye kategoriy* [Student as «an education consumer»: content of the concept]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher education in Russia. 2015;(6):65-75. (In Russ., abstract in Eng.) EDN: UDQZXR
- [22] Serditova N.E., Belotserkovsky A.V. *Obrazovaniye, kachestvo i tsifrovaya transformatsiya* [Education, Quality and the Digital Transformation]. *Vysshee obrazovanie v Rossii* = Higher education in Russia. 2020;29(4):9-15. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2020-29-4-9-15>
- [23] Zykova T.V., Kytmanov A.A., Noskov M.V., Khalturin E.A. Application of a Force-Directed Graph Drawing Algorithm for the Analysis of Curricula of Educational Programs of Higher Education. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(1):104-116. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202301.104-116>
- [24] Romero C., Ventura S. Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. 2020;10(3):e1355. <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
- [25] Tishkina K.O., Eliseeva O.V., Bagautdinova A.S., Shilova K.S., Efremova A.A. *Podkhod k upravleniyu kachestvom obrazovaniya programm na osnove dannykh* [Data-Based Approach to Educational Programs Quality Management]. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz* = University Management: Practice and Analysis. 2022;26(3):112-119. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15826/umpa.2022.03.025>

Submitted 17.02.2024; approved after reviewing 28.04.2024; accepted for publication 11.06.2024.



About the authors:

Tatyana V. Zyкова, Associate Professor of the Chair of Applied Mathematics and Computer Security, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University (79 Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russian Federation), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7332-2372>**, zykovatv@mail.ru

Alexey A. Kytmanov, Head of the Chair of Higher Mathematics, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78 Vernadsky Ave., Moscow 119454, Russian Federation), Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3325-099X>**, aakytm@gmail.com

Tatyana A. Kustitskaya, Associate Professor of the Chair of Applied Mathematics and Computer Security, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University (79 Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russian Federation), Cand. Sci. (Phys.-Math.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9854-1259>**, tkustitskaya@sfu-kras.ru

Roman V. Esin, Associate Professor of the Chair of Applied Mathematics and Computer Security, School of Space and Information Technology, Siberian Federal University (79 Svobodny Pr., Krasnoyarsk 660041, Russian Federation), Cand. Sci. (Ped.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9682-4690>**, resin@sfu-kras.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

