

<https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.425-435>
УДК 004.912

Оригинальная статья

Оценка степени развития профессиональных навыков обучающихся в студенческих ИТ-проектах

М. С. Воробьева*, А. В. Мельникова

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Российская Федерация
Адрес: 625003, Российская Федерация, Тюменская область, г. Тюмень ул. Володарского, д. 6
* m.s.vorobeva@utmn.ru

Аннотация

В статье представлены результаты авторского исследования, в котором оценивалось развитие профессиональных навыков обучающихся при работе в студенческих проектах. Авторы сформулировали гипотезу, в которой студенты старших курсов демонстрируют более высокие результаты благодаря освоению соответствующих дисциплин в образовательной программе, эффективному использованию цифровых сервисов и технологий в учебном процессе и участию в проектах. Исследование проводилось в студенческой группе ИТ-направления, образовательный процесс этих студентов был разбит на 4 этапа, каждый из которых включал работу в команде ИТ-проекта. Из студенческих работ с помощью методов обработки естественного языка и технологии извлекались профессиональные навыки, рассчитывалась оценка степени владения навыками и динамика их развития на всех выделенных этапах образовательного процесса. В результате исследования для каждого студента были определены уровень и оценка степени развития навыков, выделены группы, в которых наблюдается рост уровня навыков. Полученные данные помогают определить эффективность командных взаимодействий и принимать решения о том, как в дальнейшем следует формировать команды и какие меры следует предпринять для улучшения взаимодействия между студентами. Результаты также могут быть полезны для разработки и модернизации рабочих программ дисциплин в высших учебных заведениях. Данная работа имеет практическое значение, поскольку позволяет более точно оценить уровень развития профессиональных навыков студентов и принять меры для их дальнейшего совершенствования с целью успешной карьеры и адаптации к требованиям современного рынка труда.

Ключевые слова: извлечение навыков, студенческий проект, оценка уровня, степень развития навыков, формирование команд

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Воробьева М. С., Мельникова А. В. Оценка степени развития профессиональных навыков обучающихся в студенческих ИТ-проектах // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 2. С. 425-435. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.425-435>

© Воробьева М. С., Мельникова А. В., 2024



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



Assessing the Degree of Development of Professional Skills of Students in Student IT Projects

M. S. Vorobeva*, A. V. Melnikova

University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

Address: 6 Volodarskogo St., Tyumen 625003, Russian Federation

* m.s.vorobeva@utmn.ru

Abstract

The article presents the results of the author's research, which assessed the development of students' professional skills when working in student projects. The authors formulated a hypothesis in which senior students demonstrate better results due to the mastery of relevant disciplines in the educational program, the effective use of digital services and technologies in the educational process and participation in projects. The study was conducted in an IT student group; the educational process of these students was divided into 4 stages, each of which included work in an IT project team. Professional skills were extracted from student work using natural language processing methods and technology, and an assessment of the degree of proficiency in skills and the dynamics of their development were calculated at all identified stages of the educational process. As a result of the study, the level and degree of development of skills were determined for each student, and groups in which an increase in the level of skills was observed were identified.

The data obtained helps determine the effectiveness of team interactions and make decisions about how teams should be formed in the future and what measures should be taken to improve interaction between students. The results may also be useful for the development and modernization of work programs of disciplines in higher education institutions. This work is of practical importance, since it allows us to more accurately assess the level of development of students' professional skills and take measures for their further improvement with the aim of a successful career and adaptation to the requirements of the modern labor market.

Keywords: extraction of skills, student project, level assessment, degree of skill development, team formation

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

For citation: Vorobeva M.S., Melnikova A.V. Assessing the Degree of Development of Professional Skills of Students in Student IT Projects. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(2):425-435. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202402.425-435>



Введение

Современные тенденции на рынке труда и быстрые темпы технологического развития диктуют новые требования к образовательному процессу и уровню подготовки специалистов. В 2021 году по оценке Правительства РФ более 300 российских высших учебных заведений и учреждений среднего специального образования адаптировали свои программы в соответствии с требованиями цифровой экономики, ориентируясь на нужды ведущих компаний¹.

Важно не только удовлетворить растущий спрос на ИТ-специалистов во всех секторах экономики, но и подготовить студентов к проектной работе. Поэтому в программы профессиональной подготовки будущих специалистов включены различные формы, методы, практики и форматы, связанные с проектной деятельностью [1, 2]. Это могут быть инновационные курсы, отдельные модули и разделы практической подготовки, мастер-классы, проектные сессии, конкурсы и многое другое.

В каждый модуль программы заложены структурные элементы, которые студент изучает на определенном этапе. Для отслеживания развития профессиональных компетенций студентов, необходимых для успешной карьеры, нужно проводить работу над учебными проектами. От успешности выполнения студентами учебных проектов в рамках образовательного учреждения зависит скорость их адаптации к требованиям рынка труда.

Оценка развития профессиональных навыков обучаемых в студенческих ИТ проектах играет важную роль в образовательном процессе. Это позволяет преподавателям понять достижения студентов, определить их сильные и слабые места, и скорректировать учебные планы для обеспечения эффективного развития каждого студента. В рамках таких проектов студенты применяют полученные знания, развивают навыки решения задач, командной работы и общения с коллегами, что является ключевым аспектом успешной карьеры в сфере ИТ. Таким образом, оценка развития профессиональных навыков в студенческих ИТ проектах является неотъемлемой частью процесса подготовки высококвалифицированных специалистов.

Цель исследования

Объектом исследования выступили студенты направления Математическое обеспечение и администрирование информационных систем (МОАИС), обучающиеся в Тюменском государственном университете (ТюмГУ). Предметом исследования выступает оценка степени развития профессиональных навыков студентов в период с 01.02.2021 по 30.06.2023.

Цель исследования – расчет и анализ оценки степени развития профессиональных навыков студента на основе его работ в команде проекта.

Авторами сформулирована исследовательская гипотеза – сту-

денты старших курсов демонстрируют более высокий уровень профессиональных навыков по сравнению с младшими курсами.

Исследование по диагностике профессионального развития студента включает объединение последовательности изучения студентом профессиональных навыков и экспертных оценок, которые показывает студент, работая в команде.

Теоретический анализ

Теоретико-методологическую основу данной работы составили труды отечественных и зарубежных исследователей по трем аспектам: изучение данных, методы обработки естественного языка, подходы по формированию студенческих команд.

Изучение данных

Изучению данных, продуцируемых в ходе образовательного процесса для получения новых знаний, использование которых может расширить возможности всех субъектов образовательного процесса, повысив его результативность, посвящены работы авторов² [3-6].

Анализ текстовых данных обеспечивают глубокое понимание когнитивных процессов путем изучения документов разных типов и форматов [7, 8]. Однако при использовании инструментов анализа, таких как анализ связности, лингвистический анализ и подсчет слов, необходимо учитывать контекстуальные факторы и стимулы, которые могут влиять на реакцию обучающихся. Ошибки в анализе могут привести к неверным выводам, особенно если они влияют на важные решения, такие как оценка успеваемости.

Для сбора данных образовательного процесса разрабатываются различные системы. Например, авторами статьи [9] представлена система для управления профессиональным развитием студента на основе его цифрового следа. К особенностям данной системы можно отнести архитектуру многослойного хранилища данных для поэтапного преобразования данных, наличие разных уровней доступа для взаимодействия пользователей и специалистов.

Методы обработки естественного языка

В вузах накоплен уже большой объем информации о работах студента, которые при проектировании и разработке проектов ведут документирование разработанных программных продуктов в формате отчетов на естественном языке. Многие исследователи занимаются вопросами решения задачи по выявлению навыков, изученных технологий, понятий и других сущностей в неструктурированных данных и используют языковые модели, основанные на архитектуре трансформера, предобученные для определения навыков и знаний в текстах, например, JobBERT и JobSpanBERT [10]. Языковая модель BERT применяется для извлечения навыков в небольших текстах,

¹ Более 300 вузов адаптировали программы под требования цифровой экономики [Электронный ресурс] // Информационное агентство ТАСС. 15 сентября 2021. URL: https://tass.ru/ekonomika/12406095?utm_source=digitalskills.center&utm_medium=referral&utm_campaign=digitalskills.center&utm_referrer=digitalskills.center (дата обращения: 16.01.2024).

² Воробьева М. С., Захарова И. Г., Мельникова А. В. Формирование команды для проекта на основе больших данных образовательного процесса // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании : материалы VI Международной научной конференции в трех частях. Ч. 1. Красноярск: КГПУ им. В.П. Астафьева, 2022. С. 17-21. EDN: XWXPFT



которые представляют вакансии [11], а также для выделения ключевых слов [12-14].

S. Fareri и др. в своей статье [15] описали метод автоматического извлечения навыков из научных текстов. Этот метод основан на распознавании именованных объектов и использует алгоритм опорных векторов для обучения модели. Такой подход позволяет выделять softskills и hardskills из текстов, что может быть полезным при оценке и формировании команд. М. В. Сорочина, П. В. Корытов и И. И. Холод предлагают использование целого ансамбля методов, который включает в себя нейросетевые модели извлечения ключевых слов и фраз и модели для распознавания именованных сущностей³.

Кроме языковых моделей и нейронных сетей применяются методы на основе графов. Научный коллектив в работе [16] представил метод извлечения навыков на основе графа гиперссылок статей Википедии и набора навыков, которые упоминаются в резюме.

Подходы к формированию студенческих команд

Вопросы по формированию команд становятся все более важными и актуальными во многих прикладных областях, в частности, в образовательной среде. Действительно, объединение студентов в команду направлено на достижение гораздо большего, чем просто успешное выполнение конкретной задачи. Необходимо обеспечить, чтобы все участники команды получали выгоду от совместной работы.

При формировании команд применяются различные подходы и методы, например, методы кластеризации участников команд по их навыкам и требованиям проекта [17], методы с применением графовых моделей [18, 19], методы на основе теории нечетких множеств [20] и др. В предложенных моделях чаще предлагают использовать информацию о технических навыках потенциальных участников команд.

В работах [21-23] представлены подходы к «справедливому» формированию команды, которые способствуют взаимовыгодному обучению, равенству возможностей в совместном обучении.

Успешность проекта зависит от сформированной команды, с другой стороны, степень развития навыков каждого участника влияет на результат. В статье [24] группа исследователей рассмотрели разработанные объяснительные вероятностные матричные модели факторизации: модель отслеживания знаний (КРТ) и модель отслеживания знаний, связанных с упражнениями (ЕКРТ), путем включения важных факторов в процесс обучения студентов. Данные модели отслеживают изменение уровня знаний обучающихся с течением времени. Также проводилось исследование, в котором рассматривались различные факторы (навыки) внутри команд со сравнением этих факторов до и после [25]. Авторы подтверждают, что динамика навыков студентов в процессе обучения характеризуется изменением ее структурных компонентов.

Методика эксперимента

Сформулируем задачу оценки степени развития навыков студентов.

Дано: A – множество студентов, в котором каждый студент a , $a \in A$;

P – множество проектов, в котором каждый проект p , $p \in P$.

Пусть каждый студент a обладает набором навыков $StudentSkills = \{s_1, ..., s_n\}$, где s_i – текстовый тег, представляющий навык.

Необходимо определить оценку степени развития навыков каждого студента $SkillsDifference = (diff_1, diff_2, ..., diff_d)$, где d – количество этапов в образовательном процессе.

Определение уровня навыка

Для каждого навыка можно определить уровень владения, учитывая упоминание, использование и применение навыка в проекте. Определим оценку навыка s_i по формуле (1).

$$SkillScore_i = \sum_{j=1}^d CorrRating(rating_{ij}) + CorrExtra(imp_{ij}) + CorrExtra(pub_{ij}), \quad (1)$$

где $rating_{ij}$ – оценка или баллы студента в образовательном объекте, imp_{ij} – атрибут внедрения (справка о внедрении проектного решения, рекомендация к внедрению), pub_{ij} – атрибут публикации (публикация по проекту, рекомендация к публикации).

$$CorrRating(rating) = \min_d + \frac{rating - \min_r}{\max_r - \min_r} * (\max_d - \min_d), \quad (2)$$

где $\min_d$ и $\max_d$ – диапазон значений новой оценки, $\min_r$ и $\max_r$ – диапазон значений оценки или баллов студента.

$$CorrExtra(extra) = \begin{cases} extraValue, extra = 1 \\ 0, extra = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

где $extraValue$ – значение оценки для дополнительных признаков.

С помощью функции (4) можно для каждого навыка определить уровень, каждое значение уровня можно интерпретировать, как 0 – «Нет уровня», 1 – «Знает», 2 – «Умеет», 3 – «Владеет».

$$SkillLevel(SkillScore) = \begin{cases} 0, SkillScore < sc_1 \\ 1, SkillScore \geq sc_1 \& SkillScore < sc_2 \\ 2, SkillScore \geq sc_2 \& SkillScore < sc_3 \\ 3, SkillScore \geq sc_3 \end{cases} \quad (4)$$

где sc_1, sc_2, sc_3 – значения диапазонов уровней навыков.

После вычислений с применением функций (1-4) для каждого студента будет определен набор навыков и их уровней: $StudentSkills = \{sl_1, sl_2, ..., sl_n\}$, где $sl_i = (s_i, SkillLevel(SkillScore_i))$.

Определение динамики развития навыков студента

Для каждого навыка студента можно проследить, как этот навык изменялся: $StudentSkillsDynamic = \{sd_1, sd_2, ..., sd_n\}$, где $sd_i = (dynamic_{i1}, dynamic_{i2}, ..., dynamic_{id})$, $dynamic_{ij}$ – оценка уровня навыка.

Для навыков в каждом проекте определяется оценки по формуле (5), при этом если навык не используется в проекте, то значение степени развития равен 0.

$$dynamic_{ij} = CorrRating(rating_{ij}) + CorrExtra(imp_{ij}) + CorrExtra(pub_{ij}), \quad (5)$$

Для всех этапов, кроме первого, динамика корректируется с учетом того, что навык может не использоваться в проекте,

³ Сорочина М. В., Корытов П. В., Холод И. И. Применение нейросетевых методов извлечения ключевых слов для составления резюме студента по рабочим программам // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2023. Т. 1. С. 186-189. EDN: DTTSTX



поэтому его значение уменьшается на значение decrease (6).

$$dynamic_{ij} = \begin{cases} dynamic_{ij-1} + dynamic_{ij}, & dynamic_{ij} \neq 0 \\ dynamic_{ij-1} - decrease, & dynamic_{ij} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

После участия в новом проекте студент приобретает новые навыки: $StudentNewSkills = (ns_1, ns_2, \dots, ns_j)$, где $ns_j \in StudentSkills$. Также после каждого проекта можно увидеть, какой набор навыков есть у студента на данный момент: $StudentSkillsAfterProjects = (sap_1, sap_2, \dots, sap_j)$, где $sap_1 = ns_1$, $sap_j = sap_{j-1} \cup ns_j$, $sap_j \in StudentSkills$.

С помощью функции (7) оценивается уровень всех навыков обучающегося на определенном этапе:

$$StageStudentLevel(sap_j) = \frac{\sum_{i=1}^{|sap_j|} StudentSkillsDynamic_{ij}}{|sap_j|}, \quad (7)$$

Степень развития навыка студента определяется его ростом или спадом и вычисляется следующим образом (8):

$$\begin{aligned} diff_j &= StageStudentLevel(sap_j) \\ diff_j &= StageStudentLevel(sap_j) - diff_{j-1} \end{aligned} \quad (8)$$

По полученным значениям параметра $diff_j$ можно судить о том, что студент улучшил свои навыки (один или в команде), или имеются проблемы, возможно связанные с подобранной командой.

Реализация подхода

Эмпирической базой исследования выступили результаты проектной работы 59 студентов направления МОАИС ТюмГУ, для которых были выделены 4 этапа в образовательной программе данного бакалавриата.

В качестве источников данных выступили информационные системы: программа «1С:Университет», официальный сайт университета, корпоративное хранилище института, архивы кафедр.

Студенты объединялись в команды для работы над проектами на 2, 3, 4 курсах в разных образовательных элементах учебного плана: 3 вида практик (учебная технологическая (проектно-технологическая) практика, производственная технологическая (проектно-технологическая) практика, преддипломная практика), дисциплина «Разработка систем обработки данных в предметных областях», квалификационная работа.

В отчетных документах студентов присутствуют персональные данные, но их использование на исследовательских этапах не требуется. Поэтому вся информация такого рода предварительно была извлечена из текстов и обезличена, то есть, упоминаемые фамилия, имя, отчество студентов, преподавателей, работодателей, участвовавших в образовательном процессе, заменены на условные идентификаторы.

Для автоматического определения навыков участников команд была использована открытая библиотека skillNer языка Python, предназначенная для разработки и анализа профессиональных навыков из неструктурированных текстов. Из текстовых отчетов были выделены навыки студентов, такие как изученные и используемые языки программирования, применяемые методы, инструменты и библиотеки. Всего было выделено 352 уникальных навыков, чаще всего использовался навык «Язык программирования python» (112 раз). В результате извлечения навыков для каждого студента наблюдаемой группы получились следующие результаты (Таблица 1).

Таблица 1. Количество навыков для каждого студента

Table 1. Number of skills for each student

Минимальное количество	25%	50%	75%	Максимальное количество	Среднее количество
1	4	6	9	30	7-8

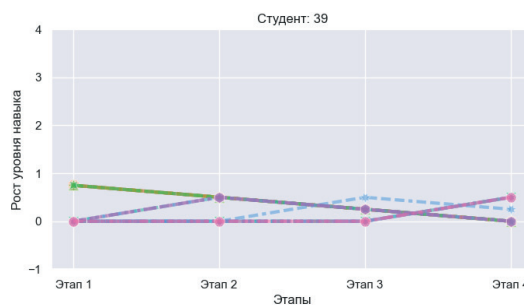
Источник: здесь и далее в статье все таблицы и рисунки составлены авторами.

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

Далее для каждого студента определялись уровни и оценки навыков с применением функции (1). Каждый проект оценивался по традиционной 5-бальной шкале («удовлетворительно», «хорошо», «отлично»), которая была преобразована к данным параметрам $min_d = 0.5$, $max_d = 1$, $min_r = 3$, $max_r = 5$ для функции (2). Для некоторых проектов было указано. Были определены атрибуты публикации и внедрения, которые повлияли на дополнительные параметры ($extraValue = 0.5$ для функции (3)). Уровень навыка определялся следующим образом:

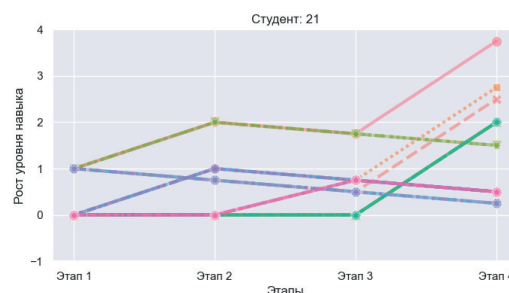
$$SkillLevel(SkillScore) = \begin{cases} 0, & SkillScore < 1_1 \\ 1, & SkillScore \geq 1_1 \text{ \& } SkillScore < 2_2 \\ 2, & SkillScore \geq 2_2 \text{ \& } SkillScore < 3_3 \\ 3, & SkillScore \geq 4_3 \end{cases} \quad (9)$$

По оценкам навыков для каждого студента была определена динамика этих навыков. На рисунках 1 и 2 представлены результаты этого определения оценки навыков для двух студентов. У студента 39 получилось выделить меньше навыков, чем у студента 21, и каждый из этих навыков почти не развивался (оценка навыка не поднималась выше 1). У студента 21 некоторые навыки, которые использовались на ранних этапах, со временем перестали использоваться, и их оценка снизилась, но в целом уровень развития навыков выше, чем у студента 39.



Р и с. 1. Динамика развития навыков студента 39

F i g. 1. Dynamics of skills development of student 39



Р и с. 2. Динамика развития навыков студента 21

F i g. 2. Dynamics of skills development of student 21

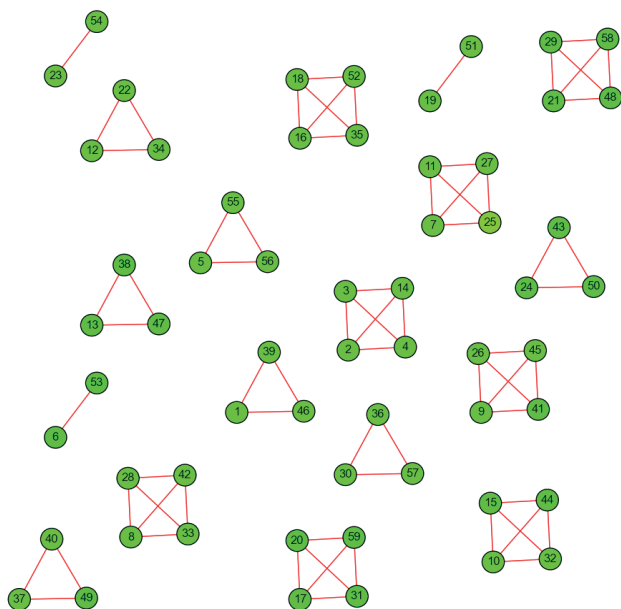


Для каждого студента была определена его степень развития по всем навыкам на протяжении выделенных 4 этапов обучения (Таблице 2). Как можно увидеть, во время этапа 3 произошёл большой спад по развитию навыков студентов.

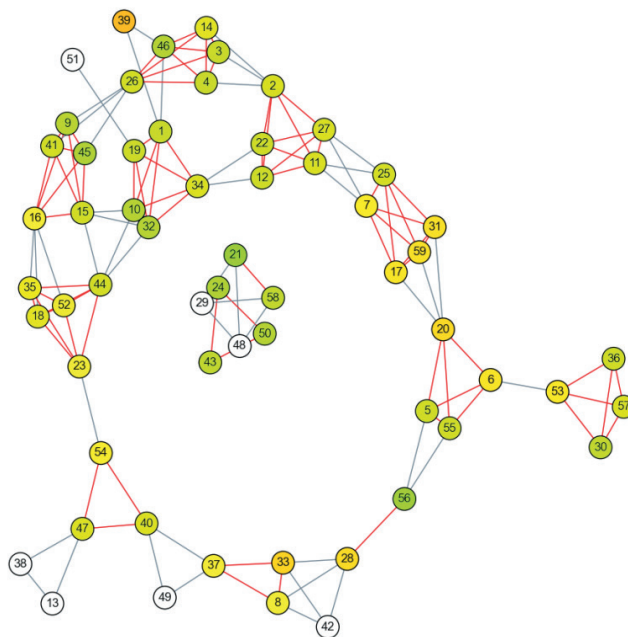
Таблица 2. Степень развития студентов
Table 2. Students development degree

	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4
Минимальное значение	0.5	-0.25	-0.32	-0.25
25%	0.75	-0.09	-0.24	0.06
50%	0.75	0.07	-0.16	0.26
75%	1	0.14	-0.07	0.51
Максимальное значение	1	0.36	0.34	1.02
Среднее значение	0.83	0.03	-0.13	0.3

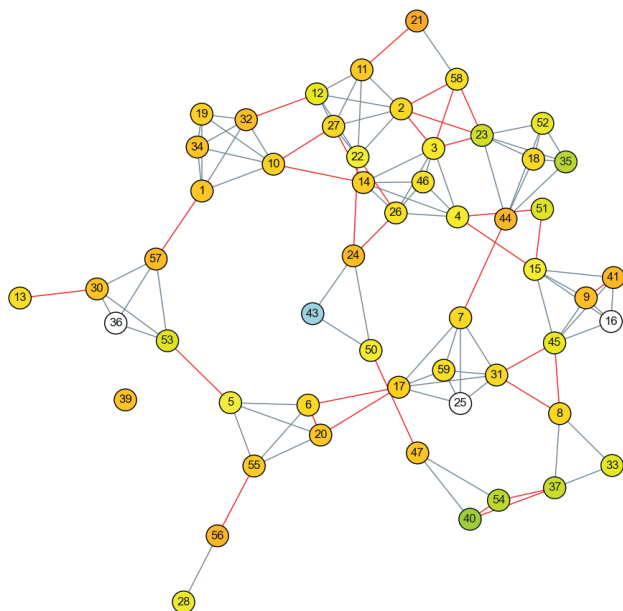
Для наглядности полученные результаты выделенной наблюдательной группы представлены в виде графов, вершинами которых выступают студенты. Каждая вершина окрашивается в цвет в зависимости от значения динамики студента в текущем проекте (рисунки 3-6). Студенты, о которых нет данных, обозначены серым цветом (отсутствовали отчеты). Отчисленные студенты обозначаются белым цветом. Ребрами в графах являются связи между студентами (связь между двумя студентами есть, если они работали в одной команде). Красный цвет ребер означает, что студенты в рамках дисциплины были участниками одной команды, серый цвет – связи студентов по предыдущему проекту.



Р и с. 3. Граф проектов на 1 этапе
Fig. 3. Project graph at stage 1

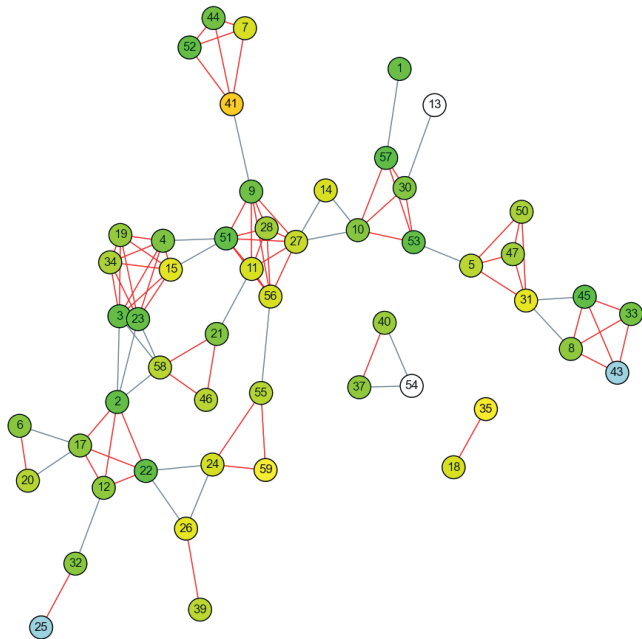


Р и с. 4. Граф проектов на 2 этапе
Fig. 4. Project graph at stage 2



Р и с. 5. Граф проектов на 3 этапе
Fig. 5. Project graph at stage 3





Р и с. 6. Граф проектов на 4 этапе
F i g. 6. Project graph at stage 4

На первом этапе студенты только начинают работать в командах, поэтому между командами нет связей. На следующих эта-

пах появляются связи по истории этапов, некоторые студенты уже не включаются в граф, так как были отчислены, на 4 этапе отчисление составило 16%.
На третьем этапе можно увидеть, что развитие навыков было отрицательным и лишь в некоторых случаях был прирост. На итоговом этапе ситуация была исправлена для многих студентов.

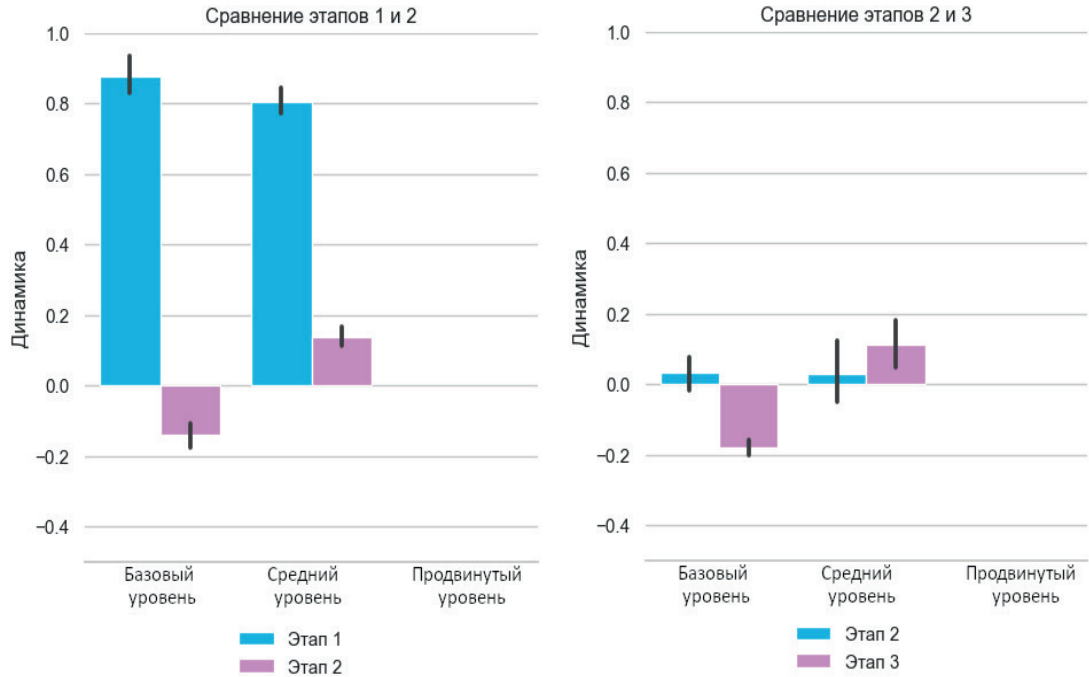
Полученные результаты

В результаты исследования на каждом этапе были выделены три группы студентов по степени развития навыков: базовый, средний и продвинутый уровень (Таблица 3).

Т а б л и ц а 3. Группы студентов по степени развития навыков на разных этапах
T a b l e 3. Groups of students by the degree of skill development at different stages

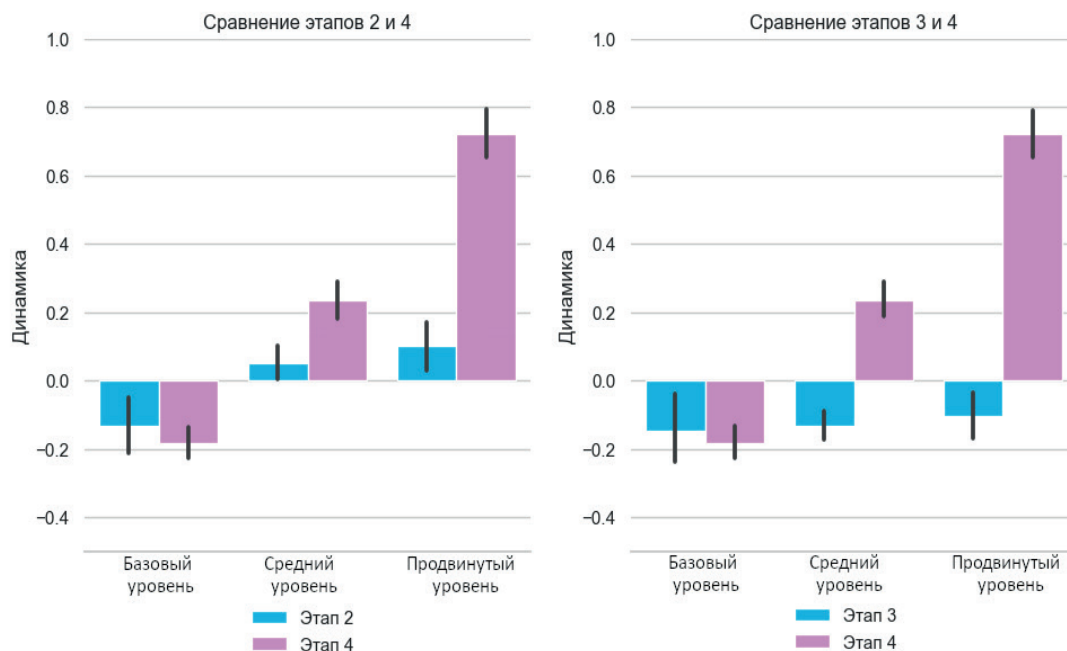
	Этап 2	Этап 3	Этап 4
Базовый уровень	37	47	20
Средний уровень	22	10	18
Продвинутый уровень			17

Также было проведено сравнение смежных этапов проектной деятельности студентов наблюдаемой группы. Результаты представлены на рисунках 7 и 8.



Р и с. 7. Сравнение 1 и 2 этапов и 2 и 3 этапов
F i g. 7. Comparison of stages 1 and 2 and stages 2 and 3





Р и с. 8. Сравнение 2 и 4 этапов и 3 и 4 этапов
Fig. 8. Comparison of stages 2 and 4 and stages 3 and 4

Как видно из результатов, на втором этапе у половины студентов произошел спад динамики развития навыков. Это связано с тем, что студенты на первом этапе только начали реализацию проектов и на оценку навыков повлияла оценка за проект и не было предыдущего опыта. Сильного роста навыков не было ни у кого.

На третьем этапе у большинства студентов произошел сильный спад в развитии навыков. Также, как и на предыдущем этапе, сильного роста не было ни у кого из студентов.

На четвертом этапе у большинства студентов уже был сильный прирост уровня навыков по сравнению с двумя предыдущими этапами, что подтверждает выдвинутую исследовательскую гипотезу.

Заключение

Оценка степени развития навыков студентов при работе в командах дает ценную информацию для определения эффективности командных взаимодействий. На основе этих данных можно выявить, какие команды были сформированы некорректно или испытывают трудности в совместной работе. Это, в свою очередь, позволяет принять обоснованные решения о том, как в дальнейшем следует формировать команды и какие меры следует предпринять для улучшения взаимодействия между студентами.

Перспективным направлением исследований является разработка модели формирования команд, которая будет обучаться на основе анализа данных о взаимодействиях студентов в предыдущих проектах. Такая модель могла бы предлагать оптимальные составы команд, исходя из индивидуальных навыков, предпочтений и опыта участников, что позволило бы повысить эффективность командной работы и уровень удовлетворенности студентов от участия в групповых проектах.

Список использованных источников

- [1] Варавва М. Ю. Подготовка ИТ-специалистов: ключевые ограничения Российской системы высшего образования // Образовательные ресурсы и технологии. 2024. № 1(46). С. 7-16. <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2024-1-7-16>
- [2] Волкова А. С., Кудашева М. М. Оценка цифровых компетенций студентов в контексте профессиональной подготовки кадров для цифровой экономики // Креативная экономика. 2022. Т. 16, № 5. С. 1953-1974. <https://doi.org/10.18334/ce.16.5.114800>
- [3] Диагностика профессиональной компетентности студентов ИТ-направлений на основе данных цифрового следа / И. Г. Захарова, Ю. В. Боганюк, М. С. Воробьева, Е. А. Павлова // Информатика и образование. 2020. № 4. С. 4-11. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2020-35-4-4-11>



- [4] Соловьева И. А., Мостовщикова И. А. Модель формирования эффективных команд для реализации инновационной деятельности предприятия // Journal of New Economy. 2021. Т. 22, № 2. С. 110-133. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-6>
- [5] Разработка алгоритма формирования команд ИТ-проектов на основе данных цифрового следа студентов / А. В. Мельникова, М. С. Воробьева, Е. В. Егорова, Е. Д. Чеканова // Труды Института системного программирования РАН. 2024. Т. 36, № 3. С. 213-224. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36\(3\)-15](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-15)
- [6] Баранова Е. В., Швецов Г. В. Методы и инструменты для анализа цифрового следа студента при освоении образовательного маршрута // Перспективы науки и образования. 2021. № 2(50). С. 415-430. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.2.29>
- [7] Mining Big Data in Education: Affordances and Challenges / C. Fischer [et al.] // Review of Research in Education. 2020. Vol. 44, issue 1. P. 130-160. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903304>
- [8] Yunita A., Santoso H., Hasibuan Z. Research Review on Big Data Usage for Learning Analytics and Educational Data Mining: A Way Forward to Develop an Intelligent Automation System // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1898. Article number: 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1898/1/012044>
- [9] Боганюк Ю. В., Воробьева М. С., Захарова И. Г. Разработка системы для управления профессиональным развитием студента на основе его цифрового следа // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35, № 3. С. 518-526. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.139.518-526>
- [10] Zhang M., Jensen K. N., Sonniks S., Plank B., SkillSpan: Hard and soft skill extraction from English job postings // Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Association for Computational Linguistics. Seattle, United States: IEEE Press, 2022. P. 4962-4984. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.12811>
- [11] Николаев И. Е. Метод извлечения знаний и навыков/компетенций из текстов требований вакансий // Онтология проектирования. 2023. Т. 13, № 2(48). С. 282-293. <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2023-13-2-282-293>
- [12] Glazkova A. V., Morozov D. A. Applying Transformer-Based Text Summarization for Keyphrase Generation // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2023. Vol. 44. P. 123-136. <https://doi.org/10.1134/S1995080223010134>
- [13] Тихонова Е. В., Косычева М. А. Эффективные ключевые слова: стратегии формулирования // Health, Food & Biotechnology. 2021. Т. 3, № 4. С. 7-15. <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i4.s122>
- [14] A Survey on Text Classification: From Traditional to Deep Learning / Q. Li [et al.] // ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology. 2022. Vol. 13, No. 2. Article number: 31. <https://doi.org/10.1145/3495162>
- [15] Fareri S., Melluso N., Chiarello F., Fantoni G. SkillNER: Mining and Mapping Soft Skills from any Text // Expert Systems with Applications. 2021. Vol. 184. Article number: 115544. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115544>
- [16] A Graph-Based Approach to Skill Extraction from Text / I. Kivimäki [et al.] // Proceedings of TextGraphs-8 Graph-based Methods for Natural Language Processing ; ed. by Z. Kozareva, I. Matveeva, G. Melli, V. Nastase. Seattle, Washington, USA: Association for Computational Linguistics, 2013. P. 79-87. URL: <https://aclanthology.org/W13-5011/> (дата обращения: 16.01.2024).
- [17] Hlaioittinun O., Bonjour E., Dulmet M. A team building approach for competency development // 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Singapore: IEEE Press, 2007. P. 1004-1008. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419343>
- [18] Farhadi F., Sorkhi M., Hashemi S., Hamzeh A. An Effective Expert Team Formation in Social Networks Based on Skill Grading // 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops. Vancouver, BC, Canada: IEEE Press, 2011. P. 366-372. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2011.28>
- [19] Sozio M., Gionis A. The community-search problem and how to plan a successful cocktail party // Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '10). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2010. P. 939-948. <https://doi.org/10.1145/1835804.1835923>
- [20] Tseng T.-L. B., Huang C.-C., Chu H.-W., Gung R. R. Novel approach to multi-functional project team formation // International Journal of Project Management. 2004. Vol. 22, issue 2. P. 147-159. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(03\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00058-9)
- [21] Kalantzi M., Polyzou A., Karypis G. FERN: Fair Team Formation for Mutually Beneficial Collaborative Learning // IEEE Transactions on Learning Technologies. 2022. Vol. 15, No. 6. P. 1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3213635>
- [22] Machado L., Stefanidis K. Fair Team Recommendations for Multidisciplinary Projects // 2019 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI). Thessaloniki, Greece: IEEE Press, 2019. P. 293-297.
- [23] Bulmer J., Fritter M., Gao Y., Hui B. FASTT: Team Formation Using Fair Division // Advances in Artificial Intelligence. Canadian AI 2020. Lecture Notes in Computer Science ; ed. by C. Goutte, X. Zhu. Vol. 12109. Cham: Springer, 2020. P. 92-104. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47358-7_9
- [24] Learning or Forgetting? A Dynamic Approach for Tracking the Knowledge Proficiency of Students / Z. Huang [et al.] // ACM Transactions on Information Systems. 2020. Vol. 38, No. 2. Article number: 19. <https://doi.org/10.1145/3379507>
- [25] Динамика профессиональных компетенций студентов / Н. И. Агропина, Т. Б. Белозерова, И. Н. Медведев, Н. П. Краснова // Педагогический журнал. 2019. Т. 9, № 1-1. С. 488-500. <https://doi.org/10.34670/AR.2019.44.1.079>

Поступила 16.01.2024; одобрена после рецензирования 14.03.2024; принята к публикации 22.05.2024.



Об авторах:

Воробьева Марина Сергеевна, заведующий кафедрой программного обеспечения Школы компьютерных наук, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» (625003, Российская Федерация, Тюменская область, г. Тюмень ул. Володарского, д. 6), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1508-4089>, m.s.vorobeva@utmn.ru

Мельникова Антонина Владимировна, ассистент кафедры программного обеспечения Школы компьютерных наук, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» (625003, Российская Федерация, Тюменская область, г. Тюмень ул. Володарского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1011-5225>, a.v.melnikova@utmn.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Varavva M.Yu. IT Training: Key Limitations of the Russian Higher Education System. *Educational Resources and Technologies*. 2024;(1):7-16. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2024-1-7-16>
- [2] Volkova A.S., Kudaeva M.M. Assessment of students' digital competencies in the context of professional training for the digital economy. *Creative Economy*. 2022;16(5):1953-1974. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.18334/ce.16.5.114800>
- [3] Zakharova I.G., Boganyuk Yu.V., Vorobyova M.S., Pavlova E.A. Diagnostics of professional competence of IT students based on digital footprint data. *Informatics and education*. 2020;(4):4-11. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2020-35-4-4-11>
- [4] Solovyeva I.A., Mostovshchikova I.A. Model' formirovaniya effektivnykh komand dlya realizatsii innovatsionnoy deyatel'nosti predpriyatiya [Undertaking innovation activities at enterprises: A model for building efficient teams]. *Journal of New Economy*. 2021;22(2):110-133. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2021-22-2-6>
- [5] Melnikova A.V., Vorobeva M.S., Egorova E.V., Chekanova E.D. Development of an algorithm of the formation of IT project teams based on data from the digital footprint of students. *Trudy ISP RAN = Proc. ISP RAS*. 2024;36(3):213-224. (In Russ., abstract in Eng.) [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36\(3\)-15](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-15)
- [6] Baranova E.V., Shvetsov G.V. Methods and tools for analysing students' digital footprint in the course of work under educational programmes. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*. 2021;(2):415-430. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.32744/pse.2021.2.29>
- [7] Fischer C., Pardos Z.A., Baker R.S., Williams J.J., Smyth P., Yu R., Slater S., Baker R., Warschauer M. Mining Big Data in Education: Affordances and Challenges. *Review of Research in Education*. 2020;44(1):130-160. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903304>
- [8] Yunita A., Santoso H., Hasibuan Z. Research Review on Big Data Usage for Learning Analytics and Educational Data Mining: A Way Forward to Develop an Intelligent Automation System. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1898:012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1898/1/012044>
- [9] Boganyuk Yu.V., Vorobeva M.S., Zakharova I.G. Developing a system for managing student's professional development based on his digital footprint. *Programmnye produkty i sistemy = Software & Systems*. 2022;35(3):518-526. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.15827/0236-235X.139.518-526>
- [10] Zhang M., Jensen K.N., Sonniks S., Plank B., SkillSpan: Hard and soft skill extraction from English job postings. In: Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Association for Computational Linguistics. Seattle, United States: IEEE Press; 2022. p. 4962-4984. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.12811>
- [11] Nikolaev I.E. Knowledge and skills extraction from the job requirements texts. *Ontology of designing*. 2023;13(2):282-293. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.18287/2223-9537-2023-13-2-282-293>
- [12] Glazkova A.V., Morozov D.A. Applying Transformer-Based Text Summarization for Keyphrase Generation. *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2023;44:123-136. <https://doi.org/10.1134/S1995080223010134>
- [13] Tikhonova E.V., Kosycheva M.A. Effective Keywords: Strategies for their Formulation. *Health, Food & Biotechnology*. 2021;3(4):7-15. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i4.s122>
- [14] Li Q., et al. A Survey on Text Classification: From Traditional to Deep Learning. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*. 2022;13(2):31. <https://doi.org/10.1145/3495162>
- [15] Fareri S., Melluso N., Chiarello F., Fantoni G. SkillNER: Mining and Mapping Soft Skills from any Text. *Expert Systems with Applications*. 2021;184:115544. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115544>
- [16] Kivimäki I., et al. A Graph-Based Approach to Skill Extraction from Text. In: Kozareva Z., Matveeva I., Melli G., Nastase V. (eds.) Proceedings of TextGraphs-8 Graph-based Methods for Natural Language Processing. Seattle, Washington, USA: Association for Computational Linguistics; 2013. p. 79-87. Available at: <https://aclanthology.org/W13-5011/> (accessed 16.01.2024).
- [17] Hlaioittinun O., Bonjour E., Dulmet M. A team building approach for competency development. In: 2007 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. Singapore: IEEE Press; 2007. p. 1004-1008. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2007.4419343>
- [18] Farhadi F., Sorkhi M., Hashemi S., Hamzeh A. An Effective Expert Team Formation in Social Networks Based on Skill Grading. In: 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops. Vancouver, BC, Canada: IEEE Press; 2011. p. 366-372. <https://doi.org/10.1109/ICDMW.2011.28>



- [19] Sozio M., Gionis A. The community-search problem and how to plan a successful cocktail party. In: Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'10). New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2010. p. 939-948. <https://doi.org/10.1145/1835804.1835923>
- [20] Tseng T.-L.B., Huang C.-C., Chu H.-W., Gung R.R. Novel approach to multi-functional project team formation. *International Journal of Project Management*. 2004;22(2):147-159. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(03\)00058-9](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00058-9)
- [21] Kalantzi M., Polyzou A., Karypis G. FERN: Fair Team Formation for Mutually Beneficial Collaborative Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2022;15(6):1-14. <https://doi.org/10.1109/TLT.2022.3213635>
- [22] Machado L., Stefanidis K. Fair Team Recommendations for Multidisciplinary Projects. In: 2019 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI). Thessaloniki, Greece: IEEE Press; 2019. p. 293-297.
- [23] Bulmer J., Fritter M., Gao Y., Hui B. FASTT: Team Formation Using Fair Division. In: Goutte C., Zhu X. (eds.) Advances in Artificial Intelligence. Canadian AI 2020. *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 12109. Cham: Springer; 2020. p. 92-104. https://doi.org/10.1007/978-3-030-47358-7_9
- [24] Huang Z., Liu Q., Chen Y., et al. Learning or Forgetting? A Dynamic Approach for Tracking the Knowledge Proficiency of Students. *ACM Transactions on Information Systems*. 2020;38(2):19. <https://doi.org/10.1145/3379507>
- [25] Agronina N.I., Belozerova T.B., Medvedev I.N., Krasnova N.P. Dynamics of Students' Professional Competencies. *Pedagogical Journal*. 2019;9(1-1):488-500. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.34670/AR.2019.44.1.079>

Submitted 16.01.2024; approved after reviewing 14.03.2024; accepted for publication 22.05.2024.

About the authors:

Marina S. Vorobeva, Head of the Software Department, Department of Software, University of Tyumen (6 Volodarskogo St., Tyumen 625003, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1508-4089>, m.s.vorobeva@utmn.ru

Antonina V. Melnikova, Assistant of the Software Department, Department of Software, University of Tyumen (6 Volodarskogo St., Tyumen 625003, Russian Federation), **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-1011-5225>, a.v.melnikova@utmn.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

