

Мировоззренческие основы технологии и общества
Philosophical foundations of technology and society

УДК 378
<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-4-86-92>



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Применение подхода воспроизводимых исследований в процессе дистанционного обучения

М.А. Еремеев,
О.В. Трубиенко[@],
И.И. Захарчук

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия
[@] Автор для переписки, e-mail: trubienko@mirea.ru

Резюме

Цели. Изменение характера решения задач в сфере информационных технологий, связанное с глобализацией экономики, возможностями удаленной работы, а также глобальными угрозами пандемии COVID-19, накладывает новые требования к компетенциям и навыкам будущих специалистов, что, в свою очередь, требует внесения корректив и в процесс подготовки специалистов в высших учебных заведениях. В настоящее время широко известны различные методологии проектного управления Agile и Scrum (часто еще называемые «методологиями гибкой разработки»), подходы в управлении информационно-телекоммуникационной инфраструктурой Infrastructure-as-Code, а также подходы в разработке документации Documentation-as-Code. Их общая цель – представить процесс проектирования, разработки, тестирования и документирования в итеративном виде с короткими периодами цикла, позволяющего прозрачно добавлять новую ценность продукта небольшими порциями. В области образования этой ценностью являются новые знания, умения и практические навыки обучающихся, которые можно легко и прозрачно измерить в процессе освоения ими дисциплины. Цель исследования – разработать способы применения современных методик разработки программного обеспечения в процессе обучения студентов технических специальностей.

Методы. Использовались методы воспроизводимых исследований (reproducible research) и практик гибкого проектирования при организации и руководстве выполнением обучающимися практических работ.

Результаты. Представлен подход к использованию современных инструментов, применяемых при разработке программного обеспечения на базе онлайн-сервисов git-хостинга (GitLab и GitHub), а также парадигмы «воспроизводимых исследований» в процессе дистанционного обучения с использованием формата R Markdown компании RStudio.

Вывод. Применение предложенного подхода позволяет, помимо увеличения вовлеченности обучающихся в процесс выполнения практических заданий, снизить нагрузку на преподавателя по проверке и оцениванию результатов работы студентов.

Ключевые слова: воспроизводимые исследования, R Markdown в обучении, Git в обучении, Agile в обучении

• Поступила: 09.11.2021 • Доработана: 15.05.2022 • Принята к опубликованию: 27.06.2022

Для цитирования: Еремеев М.А., Трубиенко О.В., Захарчук И.И. Применение подхода воспроизводимых исследований в процессе дистанционного обучения. *Russ. Technol. J.* 2022;10(4):86–92. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-4-86-92>

Прозрачность финансовой деятельности: Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

RESEARCH ARTICLE

Applying a reproducible research approach to distance education

Michail A. Eremeev,
Oleg V. Trubienko[@],
Ivan I. Zakharchuk

MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia
[@] Corresponding author, e-mail: trubienko@mirea.ru

Abstract

Objectives. Emerging as a response to the global threats presented by the COVID-19 pandemic, the changing nature of problem-solving in the field of information technology associated with economic globalization, including possibilities of remote working, imposes new requirements on the competencies and skills of future professionals. This, in turn, requires adjustments to the higher education process. Agile project management methodologies such as Scrum, along with Infrastructure-as-Code approaches in information and telecommunication infrastructure management, and Documentation-as-Code approaches in documentation development, aim to present design, development, testing, and documentation as short cycle iterative processes to permit the rapid and transparent addition of new product value in discrete portions. Applied to the education sphere, this approach implies new knowledge and practical skills of students that can be easily and transparently measured in the process of mastering a discipline. The present paper aims to develop methods of applying modern software development techniques to training students of technical specialties.

Methods. The use of reproducible research methods and agile design practices while organizing and managing practical tasks for students is proposed.

Results. Contemporary tools used in software development based on Git hosting services (GitLab and GitHub) are presented alongside reproducible research paradigms in distance education using the R Markdown format by RStudio.

Conclusions. In addition to increasing the involvement of students in the process of practical tasks, the proposed approach can be used to reduce the workload of teachers when checking and evaluating student working results.

Keywords: reproducible research, R Markdown in education, Git in education, Agile in education

• Submitted: 09.11.2021 • Revised: 15.05.2022 • Accepted: 27.06.2022

For citation: Eremeev M.A., Trubienko O.V., Zakharchuk I.I. Applying a reproducible research approach to distance education. *Russ. Technol. J.* 2022;10(4):86–92. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2022-10-4-86-92>

Financial disclosure: The authors have no a financial or property interest in any material or method mentioned.

The authors declare no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационных технологий меняет традиционные подходы к решению различных задач и проблем, возникающих в процессе жизнедеятельности человека. Внезапное увеличение рисков для человечества, связанных с пандемией COVID-19, вынуждает искать новые средства увеличения эффективности деятельности, в т.ч. и в образовательной сфере. Техническая возможность обеспечения взаимодействия преподавателя и обучающихся дистанционно по каналам связи, помимо удобства и гибкости управления процессом обучения, в настоящее время имеет принципиально новое значение.

Трендом развития и рационализации современного образования на основе использования электронных и мобильных средств обучения является так называемое совместное обучение – самостоятельная работа обучающихся во взаимодействии с другими обучающимися при участии преподавателя [1, 2]. Переход российской системы образования к компетентностному подходу предполагает создание условий для овладения обучающимися набором компетенций, определяющих готовность выпускника к устойчивой профессиональной деятельности [3–6]. Идея применения технологий, используемых при разработке программного обеспечения, в других сферах не нова. В настоящее время широко известны различные методики проектного управления Agile¹ и Scrum² (часто еще называемые «методологиями гибкой разработки»), подходы в управлении информационно-телекоммуникационной инфраструктурой Infrastructure-as-Code³, а также подходы в разработке документации Documentation-as-Code⁴. Применение апробированных инструментов таких, как система управления версиями Git⁵; языки разметки

Wiki⁶, Markdown⁷; системы управления задачами (task management systems) Jira⁸, Asana⁹, Trello¹⁰ позволяет:

- 1) создать единое хранилище общего интеллектуального продукта и обеспечить одновременный доступ всех участников процесса его создания;
- 2) обеспечить возможность параллельной работы над конкурирующими вариантами решения одной проблемы и экспериментами с возможностью «отката» к любому первоначальному состоянию;
- 3) при приеме решений использовать знания и опыт всех членов команды, а не только тех, кто прямо задействован в проекте;
- 4) фиксировать принятые решения для последующего ретроспективного анализа с целью выработки лучших практик в данной области и их распространения;
- 5) обеспечить асинхронность взаимодействия участников;
- 6) обеспечить возможность более объективной оценки вклада каждого из участников в результат.

В данной статье обобщен опыт проведения практических и лабораторных работ с помощью технологий интерактивных электронных отчетов R Markdown [7], а также системы версионирования Git. Основная цель работы – разработка такой образовательной технологии, которая, с одной стороны, позволила бы привить навыки использования современных инструментов, обеспечивающих организацию индивидуальной, независимой траектории обучения для каждого, с другой стороны – продемонстрировать необходимость и возможность коллективной работы в едином информационном пространстве. При этом показать возможность совмещения этих, казалось бы, противоречивых стремлений, а также исключить использование специализированных образовательных программных продуктов и сосредоточиться исключительно на продуктах, применяемых в ИТ-отрасли. Это позволило бы привить, с одной стороны, инженерные навыки выстраивания новых информационных архитектур, а с другой – исключить у обучающихся иллюзию «игрушечности»

¹ <https://www.atlassian.com/ru/agile/manifesto>, дата обращения 23.05.2021. [<https://www.atlassian.com/ru/agile/manifesto>. Accessed May 23, 2021 (in Russ.).]

² <https://www.scrum.org/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://www.scrum.org/>. Accessed May 23, 2021.]

³ <https://docs.microsoft.com/en-us/devops/deliver/what-is-infrastructure-as-code>, дата обращения 23.05.2021. [<https://docs.microsoft.com/en-us/devops/deliver/what-is-infrastructure-as-code>. Accessed May 23, 2021.]

⁴ <https://openpracticelibrary.com/practice/docs-as-code/#:~:text=What%20Is%20Docs%20As%20Code,you%20can%20expect%20to%20see.&text=A%20culture%20of%20adaptation%20and,%2C%20and%20processes%2C%20over%20time>, дата обращения 23.05.2021. [<https://openpracticelibrary.com/practice/docs-as-code/#:~:text=What%20Is%20Docs%20As%20Code,you%20can%20expect%20to%20see.&text=A%20culture%20of%20adaptation%20and,%2C%20and%20processes%2C%20over%20time>. Accessed May 23, 2021.]

⁵ <https://git-scm.com/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://git-scm.com/>. Accessed May 23, 2021.]

⁶ <http://www.xwiki.org/xwiki/bin/view/Main/>, дата обращения 23.05.2021. [<http://www.xwiki.org/xwiki/bin/view/Main/>. Accessed May 23, 2021.]

⁷ <https://daringfireball.net/projects/markdown/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://daringfireball.net/projects/markdown/>. Accessed May 23, 2021.]

⁸ <https://www.atlassian.com/software/jira#>, дата обращения 23.05.2021. [<https://www.atlassian.com/software/jira#>. Accessed May 23, 2021.]

⁹ <https://asana.com/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://asana.com/>. Accessed May 23, 2021 (in Russ.).]

¹⁰ <https://trello.com/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://trello.com/>. Accessed May 23, 2021.]

и «искусственности» выполняемых работ, повысить их заинтересованность и активность. В итоге использование таких технологий, помимо повышения качества обучения должно увеличить привлекательность учебного заведения для абитуриентов [8].

Вопросы организации дистанционной работы и обучения в настоящее время актуальны как никогда прежде. Основное внимание уделяется технологиям телеконференций (Zoom¹¹, Microsoft Teams¹², Cisco Webex¹³), при этом структура взаимодействия преподавателя и обучающихся остается традиционной. Предлагаемый в данной работе подход, помимо традиционного взаимодействия «преподаватель-обучающийся», ориентирован на активное взаимодействие учащихся между собой за счет введения механизмов геймификации и соревновательности.

Особо стоит отметить свойство асинхронности взаимодействия в процессе обучения: оно позволяет всем участникам процесса гибко управлять своим индивидуальным временным ресурсом, в т.ч. обеспечивая взаимодействие из различных точек мира, независимо от часового пояса. Асинхронность взаимодействия снимает формальные ограничения в виде установленной продолжительности занятий с обучающимися в вузе, оставляя лишь контрольные точки синхронизации (сроки сдачи отчетности), которые стимулируют обучающихся к самостоятельному планированию и организации работы.

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОТЧЕТОВ R MARKDOWN

Современные научные исследования – это продукт деятельности целых коллективов, где новые знания появляются в результате работы длинных цепочек более мелких исследований, базирующихся на результатах друг друга. Поэтому цена ошибки, допущенной на любом из ее этапов, часто слишком высока. Проблема воспроизводимости научных исследований стоит очень остро как в естественно-научных и технических, так и в гуманитарных науках.

Под воспроизводимостью научных исследований понимается возможность повторения эксперимента, вычислений, моделирования на тех же исходных данных, что и в первоначальном эксперименте, с получением аналогичного результата. Для этого все исходные данные должны быть открытыми для публичного изучения, а использованные методы и

средства – достаточно подробно и полно документированы¹⁴ [9]. В случае, если используются методы моделирования, должен быть представлен исходный код используемых программных средств. Одним из вариантов реализации указанных требований является технология R Markdown [10, 11].

R Markdown – это синтаксис языка разметки и технология обработки специально сформированных документов, включающих в себя как авторский текст, формулы, так и программный код, результаты работы которого автоматически вставляются в генерируемый отчет. Результатами выполнения такого кода могут быть таблицы, графики, схемы, диаграммы, географические карты, тепловые карты и т.д.

Преимуществом этого подхода является автоматизация генерации отчета или статьи и минимизация вероятности внедрения ошибок при переносе результатов в отчет. Помимо этого, поскольку программный код содержится в самом отчете, существует возможность проверки и многократного воспроизведения проведенных вычислений другими специалистами. Более того, облегчается повторное использование проведенных вычислений в других работах за счет возможности применения уже написанного программного кода, а также повторное использование разработанных алгоритмов и методик в других сферах.

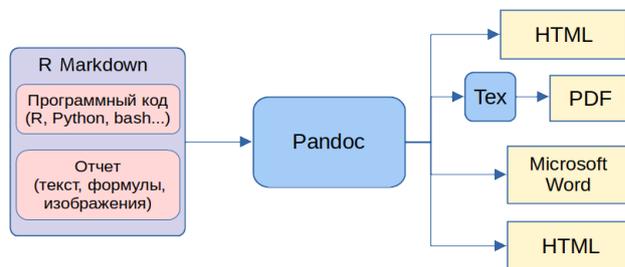


Рисунок. Схема формирования итогового документа

Отчет может быть сгенерирован в виде файла Microsoft Word, презентации Microsoft PowerPoint или Reveal.js, в формате издательской системы Tex, в формате pdf, в виде интерактивного веб-приложения (см. рисунок).

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ GIT

Git создавался как распределенная система контроля версий исходного кода программного обеспечения. Созданный в 2005 г. основоположником операционной системы Linux Линусом Торвальдсом

¹¹ <https://zoom.us/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://zoom.us/>. Accessed May 23, 2021.]

¹² <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-teams/group-chat-software>, дата обращения 23.05.2021. [<https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-teams/group-chat-software>. Accessed May 23, 2021 (in Russ.).]

¹³ <https://www.webex.com/>, дата обращения 23.05.2021. [<https://www.webex.com/>. Accessed May 23, 2021.]

¹⁴ Зайцев В.С. *Современные педагогические технологии: учебное пособие*. В 2-х кн. Челябинск: ЧГПУ; 2012. 411 с. [Zaitsev V.S. *Modern pedagogical technologies: textbook*. In 2 books. Chelyabinsk: ChSPU; 2012. 411 p. (in Russ.).]

как замена аналогичному ПО с закрытым исходным кодом, Git быстро завоевал популярность благодаря распределенности структуры управления версиями, простоте архитектуры. Среди основных достоинств Git также можно упомянуть:

- 1) поддержку нелинейного процесса написания исходного кода программного продукта с возможностью ветвления, параллельной работой над каждой веткой, слияния;
- 2) использование существующих широко распространенных протоколов (SSH, FTP, HTTPS) для обеспечения каналов связи между репозиториями;
- 3) высокую скорость работы;
- 4) криптографическое обеспечение целостности истории изменений.

В системе Git история изменений исходного кода состоит из последовательной цепочки «контрольных точек» (коммитов). В случае с параллельной работой над разными версиями кода такая цепочка «разветвляется», а при слиянии изменений – сходится.

В настоящее время существует множество онлайн-хостингов исходного кода, наиболее известные из которых – GitHub.com и GitLab.com. Они представляют собой веб-приложения, позволяющие не только настраивать репозитории кода Git, но и выполнять широкий спектр задач по проектированию, написанию кода, тестированию, документированию, сборке и доставке программных продуктов.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R MARKDOWN И GIT

Совмещение указанных технологий преследует следующие основные цели:

- 1) освоение учащимися навыков работы в команде и взаимодействия на всех этапах выполнения проекта – от планирования до написания отчета;
- 2) знакомство с современными технологиями и инструментами аналитической деятельности и программной разработки [12];
- 3) повышение мотивации обучающихся к качественному выполнению заданий за счет заинтересованности в возможном повторном использовании наработок, в т.ч. в других дисциплинах [13];
- 4) контроль хронологии выполнения поставленных заданий и оценка вклада каждого участника;
- 5) облегчение проверки корректности представленных вычислений и исключение «подгонки» данных под желаемый результат, что стимулирует обучающихся к более глубокому и детальному изучению темы [14].

В ходе учебных занятий обучающиеся разбиваются на команды (расчеты) численностью 4–6 человек.

Каждая группа создает свой центральный репозиторий (используя сервисы GitHub или GitLab), в котором участники организуют работу над заданием или проектом. В репозиторий добавляются шаблон отчета и исходные данные. Члены команды по своему усмотрению могут добавлять любые материалы, относящиеся к выполнению поставленного задания: справки, ссылки на литературу и интернет-ресурсы, схемы и т.д. Репозиторий становится логической центральной точкой взаимодействия обучающихся. В ходе этого приобретаются и укрепляются навыки удаленного взаимодействия с использованием современных информационных технологий.

По результатам работы каждой команды оформляются R Markdown-отчет в формате Rmd и его выходное отображение в формате html или pdf. Основное требование к полученному отчету – его воспроизводимость, то есть возможность скомпилировать на компьютере преподавателя идентичный отчетный документ по входным данным. В ходе этого производится автоматическая проверка корректности применяемых учащимися методов и средств. По коммитам (контрольным точкам) в групповом репозитории преподаватель имеет возможность оценить продуктивность каждого участника группы и его вклад в конечный продукт. Каждый участник должен участвовать в работе над заданием и написании отчета – сделать хотя бы один значимый коммит. Данное обстоятельство подстегивает участников включаться в работу как можно раньше, выполняя наиболее очевидную работу над заданием. И наоборот, низкая активность в ходе выполнения работы вынуждает дополнять и улучшать уже выложенные результаты работы: комментировать и оформлять программный код, изучать и описывать альтернативные варианты выполнения задачи, улучшать оформление графиков, т.е. выполнять работу, требующую более детальной проработки и углубленного изучения материала.

Среди преимуществ данного подхода в обучении можно отдельно отметить асинхронность взаимодействия преподавателя с учащимися и учащихся между собой. Это позволяет индивидуально для каждого обучающегося организовывать и планировать время обучения, при этом сохраняется интерактивность процесса и чувство вовлеченности в общую работу. Таким образом, выстраивается *индивидуальный образовательный трек* при сохранении основных «реперных точек» рабочих программ дисциплин.

Также, в качестве преимущества, можно выделить совмещение средств организации распределенной работы со средствами документирования и «упаковывания» знаний во воспроизводимый формат, что повышает эффективность усвоения материала и овладения компетенциями при сохранении гибкости в тайм-менеджменте обучающихся.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате организации практических и лабораторных работ в соответствии с предложенным подходом удалось добиться ряда преимуществ по сравнению с традиционным подходом деления на команды. Во-первых, повышается общая активность обучающихся, появляется интерес к использованию современных средств менеджмента, тайм-трекинга, управления документацией и программным кодом. Во-вторых, в результате работы появляется воспроизводимый результат, который исключает возможность подтасовки решения под необходимый результат или поиск уже готового решения – все этапы поиска и прохождения решения все равно придется выполнять, увеличивается общее доверие к системе оценивания успехов обучающихся. В-третьих, облегчается работа преподавателя по оцениванию работ,

создаются широкие возможности по автоматизации оценивания хода и результатов процесса обучения. Именно данное направление видится очень перспективным для дальнейшего процесса исследований.

Вклад авторов

М.А. Еремеев – идея исследования, развитие целей и задач, формулировка выводов.

О.В. Трубиенко – исследование процессов дистанционного образования.

И.И. Захарчук – изучение возможности применения программных средств для организации процесса дистанционного обучения.

Authors' contributions

M.A. Ereemeev – research of the distance learning processes.

O.V. Trubienko – study of the possibility of using software tools to organize the distance learning process.

I.I. Zakharchuk – research idea, the development of aims and objectives, the formulation of conclusions.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов А.И., Багрецов С.А., Карпинчук Н.А., Чебурков М.А. Методика оценивания временных затрат на изучение курса учебной дисциплины с применением автоматизированных обучающих систем. *Известия СПбГТУ ЛЭТИ*. 2016;7:32–37.
2. Васильева Н.В., Кунтурова Н.Б., Прокофьева А.Л. Образовательные средства информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе военного ВУЗа. *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2018;661:207–214.
3. Калинин В.Н. Основные направления формирования и критерии оценивания общекультурных и профессиональных компетенций в цикле математических и естественнонаучных дисциплин. *Информационный бюллетень Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2014;121:19–27.
4. Алтухов А.И., Головина В.В., Калинин В.Н. Формирование и критерии оценивания компетенций в цикле математических и естественнонаучных дисциплин. *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2014;642:210–215.
5. Кужекин Н.С., Чикуров В.А., Зиновьев С.В. Фонд оценочных средств как компонент основной профессиональной образовательной программы. *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2015;648:202–209.
6. Алтухов А.И., Калинин В.Н., Чебурков М.А. Об опыте формирования и оценивания компетенций по дисциплинам профессионального цикла в системе военного образования. *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2016;650:204–210.
7. Xie Y., Dervieux C., Riederer E. *R Markdown Cookbook*. Chapman and Hall & CRC Press; 2020. 360 p.

REFERENCES

1. Altukhov A.I., Bagretsov S.A., Karpinchuk N.A., Cheburkov M.A. Methodology of assessment of time spending on learning a course in the academic discipline with the use of automated training systems. *Izvestiya SPbSTU LETI = Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University*. 2016;7:32–37 (in Russ.).
2. Vasil'eva N.V., Kunturova N.B., Prokof'eva A.L. Educational tools of information and communication technologies in the educational process of the military institution. *Trudy Voennno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mozhaiskogo = Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy*. 2018;661:207–214 (in Russ.).
3. Kalinin V.N. The main directions of formation and criteria for assessing general cultural and professional competencies in the cycle of mathematical and natural science disciplines. *Informatsionnyi byulleten' Voennno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mozhaiskogo = Information Bulletin of the Mozhaisky Military Aerospace Academy*. 2014;121:19–27 (in Russ.).
4. Altukhov A.I., Golovina V.V., Kalinin V.N. Forming and criteria of competence estimation in subjects of mathematical and naturally scientific cycle. *Trudy Voennno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mozhaiskogo = Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy*. 2014;642:210–215 (in Russ.).
5. Kuzhekin N.S., Chikurov V.A., Zinov'ev S.V. The assessment tools fund as a component of the basic professional educational program. *Trudy Voennno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mozhaiskogo = Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy*. 2015;648:202–209 (in Russ.).

8. Рогова В.А., Шамин Р.В. Оптимизационные процедуры в задаче маркетинга образовательных услуг на этапе формирования политики набора абитуриентов в вузы. *Российский технологический журнал*. 2020;8(5):91–102. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-5-91-102>
9. Panchenko L.F., et al. PhD student training: principles and implementation. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021;1840(1):12056. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012056>
10. Estrellado R.A., Freer E.A., Motsipak J., Rosenberg J.M., Velásquez I.C. *Data Science in Education Using R*. London: Routledge; 2020. 304 p. <https://doi.org/10.4324/9780367822842>
11. Ellerbrock C.R., Abbas B., Diccio M., Denmon J.M., Sabella L., Hart J. Relationships: The fundamental R in education. *Phi Delta Kappan*. 2015;96(8):48–51. <https://doi.org/10.1177/0031721715583963>
12. Nguyen S. Scholarly Git Experiences Part II: Git for Education. *IASGE*; 2019. URL: <https://investigating-archiving-git.gitlab.io/updates/git-for-education/>
13. Kelleher J. Employing Git in the classroom. In: *World Congress on Computer Applications and Information Systems (WCCAIS)*. 2014. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4202.0801>
14. Wilson G. *Teaching Tech Together: How to Make Your Lessons Work and Build a Teaching Community around them*. Routledge & CRC Press; 2019. 260 p.
6. Altukhov A.I., Kalinin V.N., Cheburkov M.A. The experience of formation and assessment of competencies in the disciplines of the professional cycle in the system of military education. *Trudy Voенно-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mozhaiskogo = Proceedings of the Mozhaisky Military Aerospace Academy*. 2016;650:204–210 (in Russ.).
7. Xie Y., Dervieux C., Riederer E. *R Markdown Cookbook*. Chapman and Hall & CRC Press; 2020. 360 p.
8. Rogova V.A., Shamin R.V. Optimization procedures in the problem of marketing educational services at the stage of forming a policy for recruiting applicants to universities. *Russian Technological Journal*. 2020;8(5):91–102 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-5-91-102>
9. Panchenko L.F., et al. PhD student training: principles and implementation. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021;1840(1):12056. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012056>
10. Estrellado R.A., Freer E.A., Motsipak J., Rosenberg J.M., Velásquez I.C. *Data Science in Education Using R*. London: Routledge; 2020. 304 p. <https://doi.org/10.4324/9780367822842>
11. Ellerbrock C.R., Abbas B., Diccio M., Denmon J.M., Sabella L., Hart J. Relationships: The fundamental R in education. *Phi Delta Kappan*. 2015;96(8):48–51. <https://doi.org/10.1177/0031721715583963>
12. Nguyen S. Scholarly Git Experiences Part II: Git for Education. *IASGE*; 2019. Available from URL: <https://investigating-archiving-git.gitlab.io/updates/git-for-education/>
13. Kelleher J. Employing Git in the classroom. In: *World Congress on Computer Applications and Information Systems (WCCAIS)*. 2014. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.4202.0801>
14. Wilson G. *Teaching Tech Together: How to Make Your Lessons Work and Build a Teaching Community around them*. Routledge & CRC Press; 2019. 260 p.

Об авторах

Еремеев Михаил Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: eremeev_m@mirea.ru. Scopus Author ID 57188205500, SPIN-код РИНЦ 3609-5733, <https://orcid.org/0000-0002-5511-4000>

Трубиенко Олег Владимирович, к.т.н., заведующий кафедрой «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: trubienko@mirea.ru. Scopus Author ID 57213680467, SPIN-код РИНЦ 1668-5640, <https://orcid.org/0000-0002-6809-8732>

Захарчук Иван Илларионович, к.т.н., доцент кафедры «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: zaharchuk@mirea.ru. Scopus Author ID 57222072783, SPIN-код РИНЦ 1634-5302

About the authors

Michail A. Ereemeev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Applied Information Technologies, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: eremeev_m@mirea.ru. Scopus Author ID 57188205500, RSCI SPIN-code 3609-5733, <https://orcid.org/0000-0002-5511-4000>

Oleg V. Trubienko, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Department of Applied Information Technologies, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: trubienko@mirea.ru. Scopus Author ID 57213680467, RSCI SPIN-code 1668-5640, <https://orcid.org/0000-0002-6809-8732>

Ivan I. Zakharchuk, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, Department of Applied Information Technologies, Institute of Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: zaharchuk@mirea.ru. Scopus Author ID 57222072783, RSCI SPIN-code 1634-5302