

## Компетенции цифровой культуры в математическом образовании и их формирование

О. А. Кузенков<sup>1\*</sup>, И. В. Захарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Российская Федерация  
603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

\* kuzenkov\_o@mail.ru

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет», г. Тверь, Российская Федерация  
170100, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33

### Аннотация

Статья посвящена проблеме развития цифровой культуры в рамках существующей образовательной системы, опирающейся на образовательные стандарты ФГОСЗ++. Настоящий уровень развития общества требует формирования новых компетенций, отвечающих запросам цифровизации всех сфер жизни. Исключительно высокое значение имеет усвоение цифровой культуры преподавателем, в первую очередь, преподавателем математики, поскольку это является залогом приобретения цифровых компетенций обучающимися. Целью статьи является анализ путей актуализации образовательных программ математической подготовки и опыта модернизации на конкретных примерах. Рассмотрены два пути модернизации: расширение перечня формируемых компетенций (добавление дополнительных компетенций, связанных с цифровыми навыками) или углубление содержания формируемых компетенций через систему индикаторов. Оба метода предполагают актуализацию результатов обучения, как по каждой рабочей дисциплине, так и по всей образовательной программе в целом. Важным аспектом модернизации является пересмотр фонда оценочных средств с учетом появления новых электронных форм контроля, которые предполагают применение и развитие полученных знаний в сфере информационных и «сквозных» технологий. Актуальным направлением модернизации математического образования является развитие исследовательского обучения и, в частности, применение проектных подходов. В качестве результата исследования приведен пример модернизации образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 01.03.01 «Математика» для обеспечения компетенций цифровой культуры. Второй рассмотренный пример опирается на результаты актуализации дисциплины «Математическое моделирование процессов отбора» для бакалавров направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

**Ключевые слова:** цифровые компетенции, математическое образование, цифровая культура, проектный подход, электронные средства обучения, сквозные технологии

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Кузенков, О. А. Компетенции цифровой культуры в математическом образовании и их формирование / О. А. Кузенков, И. В. Захарова. – DOI 10.25559/SITITO.17.202102.379-391 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 2. – С. 379-391.

© Кузенков О. А., Захарова И. В., 2021



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



## Competencies of Digital Culture in Mathematics Education and their Formation

O. A. Kuzenkov<sup>a\*</sup>, I. V. Zakharova<sup>b</sup>

<sup>a</sup> National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation

\* kuzenkov\_o@mail.ru

<sup>b</sup> Tver State University, Tver, Russian Federation

33 Zhelyabova St., Tver 170100, Russian Federation

### Abstract

The article is devoted to the problem of the development of digital culture within the existing educational system based on the educational standards of FGOS3++. The current level of development of society requires the formation of new competencies that meet the needs of digitalization in all spheres of life. The assimilation of digital culture by a teacher, first of all, by a mathematics teacher, is of extremely high importance, since this is the key to the acquisition of digital competencies by students. The purpose of the article is to analyze the ways of updating educational programs of mathematical training and modernization experience on specific examples. Two ways of modernization are considered: expanding the list of formed competencies (adding additional competencies related to digital skills) or deepening the content of formed competencies through a system of indicators. Both methods involve updating the results of training both for each working discipline and for the entire educational program as a whole. An important aspect of modernization is the revision of the evaluation fund, taking into account the emergence of new electronic forms of control, which involve the application and development of the acquired knowledge in the field of information and «end-to-end» technologies. The actual direction of modernization of mathematical education is the development of research training and, in particular, the application of project approaches. As a result of the research, an example of the modernization of the educational program for bachelor's degree training in the direction 01.03.01 Mathematics to ensure the competencies of digital culture is given. The second considered example is based on the results of updating the discipline «Mathematical modeling of selection processes» for bachelors of the direction 01.03.02 Applied Mathematics and Computer Science.

**Keywords:** digital competencies, mathematical education, digital culture, project approach, electronic learning tools, end-to-end technologies

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Kuzenkov O.A., Zakharova I.V. Competencies of Digital Culture in Mathematics Education and their Formation. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2021; 17(2):379-391. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITI-TO.17.202102.379-391>



## Введение

В 2017 году Президентом РФ была утверждена масштабная и амбициозная программа – национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», в октябре 2018 года на форуме «Открытые инновации» национальная программа была презентована, а к декабрю 2018 года появились паспорта национальной программы и сформированные ею федеральные проекты. Паспорт Национальной программы содержит более тысячи мероприятий, достижение которых запланировано в период с 2018 по 2024 гг. Из них 144 мероприятия связаны с информационной безопасностью, 53 – с цифровыми технологиями, 100 – отведено на кадры и образование.

Особый интерес представляет федеральный проект «Кадры для цифровой экономики», который направлен на обеспечение развития образовательных и научно-методических практик подготовки специалистов в сфере информационных и «сквозных» технологий, а также развития международного сотрудничества, интеграции российской образовательной системы в единое международное образовательное пространство. Многообразие заявленных мероприятий было разбито на несколько категорий, среди которых особое место занимает образование – мероприятия, направленные «на реализацию ряда ключевых направлений развития системы образования: обновление содержания, создание необходимой современной инфраструктуры, подготовка кадров для работы в системе, их переподготовка и повышение квалификации, а также создание наиболее эффективных механизмов управления отраслью»<sup>1</sup>.

В рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) были определены сквозные технологии. Информационные и «сквозные» технологии – ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков цифровой экономики (большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, промышленный интернет, компоненты робототехники и сенсорики, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальности). Предполагается, что по мере появления и развития новых технологий этот перечень будет меняться.

Экономика, основанная на знаниях и технологиях, требует от образования модернизации основных образовательных программ, дополнение их владением «сквозными технологиями» и интеллектуальными техническими средствами. Новые информационные технологии, средства связи и удаленного общения активно внедряются в существующую систему образования. Сегодня высшее образование широко использует средства интернета, облачных сервисов, больших данных, социальных сетей, мобильных устройств и приложений. Сложилась целая система дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и электронного обучения (ЭО) [1-6], внедряются системы управления учебными курсами (LMS) для повышения эффективности работы преподавателя в аудитории и в смешанном формате [7]. Возрастает количество массовых открытых онлайн-курсов (MOOCs) и внутривузовских онлайн-кур-

сов (SPOCs). Компьютерные средства предоставляют широкие возможности для развития системы обучения с учетом потребностей сегодняшнего дня [8, 9].

Система образования призвана готовить специалистов, отвечающих потребностям современного информационного общества, в частности, способных принимать активное участие в развитии цифровой экономики. В связи с этим большое значение приобретает модернизация учебного процесса, направленная на обеспечение тесной интеграции образования, науки и экономики [10, 11]. Современный уровень развития образования требует формирования новых компетенций, отвечающих запросам цифрового общества. Актуальность совершенствования математического образования обусловлено повышением востребованности специалистов по математическому моделированию высокого уровня. Математическое образование является основой профессиональной подготовки специалистов для самых перспективных высокотехнологичных и профессиональных сфер и отраслей российской и мировой экономики [12]. Одна из органичных компонент математической подготовки в настоящее время является цифровая культура, которая предполагает грамотное использование информационно-коммуникационного инструментария для достижения профессиональных целей.

В современной ситуации, сложившейся в российском образовании, особенно актуализировалась проблема обеспечения качества математической подготовки, отвечающей вызовам цифровизации всех сфер жизни. Очевидно, что для решения возникшего вопроса необходим пересмотр традиционной методики преподавания математики, модернизации существующих программ математических дисциплин [10], [11-13].

Повышение качества математического образования невозможно без активного использования компьютерной поддержки обучения. Первоначально компьютер появляется как вспомогательный инструмент для решения математических задач, не удивительно, что сейчас компьютер дает огромные возможности для модернизации процесса овладения математикой. Однако, использования электронных средств обучения принесет положительный результат только в случае, если современные технические возможности будут органично вписаны в методику обучения, если их использование будет опираться на обоснованный методический фундамент. Добиться позитивного эффекта от внедрения компьютерной поддержки можно лишь при системной ревизии приемов и методов обучения, адекватной интеграции новых технических средств в образовательный процесс. Только в случае правильного использования электронных ресурсов можно достичь нового, более высокого уровня обучения, интенсифицировать самостоятельную работу студентов [14-21]. В этом направлении полезно использовать опыт ведущих университетов России по совершенствованию методики внедрения электронных образовательных технологий [2-6], [22]. Очевидно, что особое значение эти средства приобретают при подготовке будущих кадров цифровой экономики, поскольку опыт работы в информационной среде необходим в их будущей профессиональной деятельности.

<sup>1</sup> Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/71734878/#ixzz51nZTdmRe> (дата обращения: 19.03.2021)



Исключительно высокое значение имеет усвоение цифровой культуры преподавателем, в первую очередь, преподавателем математики, поскольку это является залогом приобретения цифровых компетенций обучающимися, которым предстоит жить и работать в условиях цифровой экономики. Образование нуждается в высококвалифицированных специалистах, способных формировать стратегию развития с учетом реалий быстро меняющегося мира, обеспечивающих непрерывность процесса обучения, самообучения и саморазвития. Ввиду этого резко возросла потребность общества в квалифицированном, IT-грамотном, творчески мыслящем педагоге; возникла необходимость обеспечения цифровой культуры преподавателей в рамках системы образования.

В течение последних лет европейские страны проводили исследование, призванное выявить перечень цифровых компетенций, которыми должен обладать преподаватель, чтобы совершенствовать образование и создавать инновации. В результате данного исследования оказалось, что сформированная структура цифровой компетентности (DigComEdu) состоит из 6 областей, включающих в себя 22 цифровые компетенции. Области DigComEdu сосредоточены на различных аспектах деятельности педагогов и имеют следующий вид<sup>2</sup>:

1. Профессиональное взаимодействие. Использование цифровых технологий для коммуникации, сотрудничества и профессионального роста;
2. Цифровые ресурсы. Поиск, создание и совместное использование цифровых ресурсов;
3. Обучение. Управление использованием цифровых технологий в обучении;
4. Оценка результатов обучения. Использование цифровых технологий для улучшения оценки результатов;
5. Расширение возможности обучающихся. Использование цифровых технологий для повышения вовлеченности и активного участия обучающихся в образовательном процессе;
6. Повышение компетенции обучающихся в области цифровых технологий.

Как видно из перечня, ядро цифровой компетентности преподавателя в европейском исследовании определяется областями 2-5. Две оставшиеся области свидетельствуют о том, что цифровая культура преподавателя выходит за рамки конкретного использования цифровых технологий в образовательном процессе [23].

Таким образом, развитие цифровой культуры, отвечающей потребностям общества, требует формирования цифровой компетентности, которая в рамках образовательных программ выражается совокупностью соответствующий универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Целью настоящей статьи является анализ путей актуализации образовательных программ математической подготовки и опыта их модернизации на конкретных примерах, как программ в целом, так и отдельных дисциплин подготовки бакалавров в области математики (в рамках первой укрупненной группы специальностей и направлений).

## Материалы и методы

Введение компетенций цифровой культуры в рамках существующей образовательной системы, опирающейся на федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС3++) с учетом профессиональных стандартов (ПС), можно осуществить, используя имеющуюся компетентностную модель выпускника, определяемую ФГОС3++ [11], [24-28] или собственными образовательными стандартами, разработанными ведущими российскими вузами [29-31]. Здесь результаты обучения формулируются через системы компетенций, которую можно наполнить дополнительным содержанием, созвучным целям развития цифровой культуры. При этом универсальные компетенции (УК) и общепрофессиональные компетенции (ОПК) жестко закреплены в требованиях образовательных стандартов. Но они допускают определенную корректировку содержания через переработку и расширение системы индикаторов, отражающих качественные аспекты этих компетенций. Как правило, текущий подход к формированию этих индикаторов предполагает выделение следующих обязательных сторон для каждой компетенции: знаний, умений и навыков. Профессиональные компетенции (ПК) представляют больше свободы для модернизации, так как не предписываются жестко стандартом, а определяются разработчиками образовательных программ на основе профессиональных стандартов и с учетом передового опыта, полученного в ходе участия в международных [32-36] и российских проектах и грантах [11], [26-28]. Здесь, кроме изменения системы индикаторов возможно обновление и самих формулировок этих компетенций на базе профессиональных стандартов в интересах работодателей. При этом в рамках как отдельной дисциплины учебного плана, так и в масштабе всей образовательной программы возможны два пути модернизации: расширение перечня формируемых компетенций (добавление дополнительных компетенций, связанных с цифровыми навыками) или углубление содержания имеющихся формируемых компетенций. Знания, умения и навыки, соответствующие индикаторам компетенций, допускают актуализацию для формирования цифровой культуры, предполагающей, в том числе, применение информационных и «сквозных» технологий, например, «владеть навыками работы в Google-документах, работой с сервисом Zoom». Соответственно актуализируются результаты обучения, как по каждой рабочей дисциплине, так и по всей образовательной программе в целом.

При обновлении рабочей программы дисциплины математического содержания с целью повышения цифровой культуры обучающихся необходимо добавить новые темы или расширить существующие с использованием информационных и «сквозных» технологий (программ, приложений, электронных сервисов, ресурсов и т.д.). Целесообразно непосредственно связать основное математическое содержание дисциплины с применением и развитием существующих информационных технологий, определить сквозные технологии, с которыми будут знакомиться студенты при формировании компетенций в рамках данной программы, например: универсальные сред-

<sup>2</sup> Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) [Электронный ресурс] // European Commission. 2021. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/european-framework-digital-competence-educators-digcompedu> (дата обращения: 19.03.2021).



ства разработки, командной работы, работы с пользователями – Yandex.Cloud, Google (Google Академия <https://scholar.google.com/>, Google Переводчик), Zoom; отечественное и зарубежное программное обеспечение: инструменты и средства (среды) разработки программного обеспечения в зависимости от задачи (Visual Studio, Vuforia, Diasoft Framework) и т.п.

Безусловно, мощным инструментом, органично привлекающим современные информационные технологии, являются современные формы подачи материала и общения с обучающимися – средства, поддержки дистанционного формата обучения, электронные материалы в виде лекций, практических заданий, лабораторных работ, электронные управляемые курсы и т.п.

Важным аспектом модернизации программы является пересмотр фонда оценочных средств с учетом появления новых электронных форм контроля. В этом направлении необходимо сформировать тестовые и контрольные вопросы, которые предполагают применение и развитие полученных знаний в сфере информационных и «сквозных» технологий; разработать задания, игры, тренинги или кейсы с цифровыми навыками, которые предполагают применение и развитие полученных навыков в сфере информационных и «сквозных» технологий [7, 9, 37]. Электронные средства контроля прочно вошли с существующую систему обучения. Они позволяют дать объективную оценку уровня сформированности ряда важнейших компетенций, экономя при этом трудозатраты преподавателя, не нагружая его рутинной и однообразной работой по проверке однотипных заданий [22, 38]. Компьютерное тестирование имеет целый ряд преимуществ: единая шкала оценок, объективная оценка результатов, экономия времени (автоматический подсчет, обработка и оценка результатов; возможность за определенный установленный промежуток времени проверить уровень освоения материала большого количества тестируемых), осуществление проверки максимального охвата учебного материала.

При этом нужно понимать место электронного тестирования в системе обучения. Сейчас нередко можно видеть искаженное понимание тестирования как центрального элемента контроля, сведение процесса обучения к «натаскиванию» обучающихся на выполнение стандартизированных тестов. Но применение электронного тестирования ни коем случае не может быть центральным пунктом контроля. Его роль состоит в проверке именно базового, минимального уровня освоения материала, без чего невозможно дальнейшее обучение. На более высоких уровнях формирования компетенций невозможно ограничиться только тестированием, обязательно необходимо живое общение с обучающимся. Таким образом, тестирование не может быть исчерпывающим средством обучения, его необходимо рассматривать как удобный вспомогательный инструмент, позволяющий освободить преподавателя от рутинной работы по контролю минимального уровня освоения предмета.

Актуальным направлением модернизации математического образования является развитие исследовательского обучения [39, 40]. Здесь наиболее действенным представляется применение метода проектов. Проектный подход в обучении предоставляет прекрасные возможности для развития цифровой культуры обучающихся. Для формирования цифровых компетенций необходимо включать в проектное задание обязатель-

ное требование практического использования информационных и «сквозных» технологий при решения поставленных математических проблем. Проектный подход обеспечивает индивидуализацию образования, помогает выстроить индивидуальные образовательные траектории. Применение метода проектов позволяет активизировать самостоятельную работу обучающихся, мотивирует их изучению теоретических основ, позволяет проявить собственную инициативу, вырабатывает навыки командной работы, способности планирования, распределения ресурсов для достижения поставленной цели, умения представлять полученные результаты. Проектный подход в наибольшей степени позволяет реализовать личностно-ориентированный принцип обучения. Учебные проекты могут выполняться как индивидуально, так и в малых группах по 3-4 человека.

## Результаты

Приведем пример модернизации образовательных программ для обеспечения компетенций цифровой культуры. В качестве такого примера рассмотрим программу подготовки бакалавров по направлению 01.03.01 «Математика». Следует отметить, что поскольку в рамках укрупненной группы специальностей и направлений (УГСН) общепрофессиональные компетенции едины, то представленные ниже способы модернизации могут быть использованы без изменений для любого другого направления первой группы (например, для направления «Прикладная математика и информатика»).

ФГОС этого направления предусматривает формирование компетенции ОПК-6 «Способность осуществлять педагогическую деятельность с использованием современных информационно-коммуникационных технологий». Эта компетенция по своему смыслу как нельзя более близка к задаче формирования цифровой культуры у преподавателей математики. Выберем эту компетенцию для дальнейшей актуализации в свете поставленных задач. Содержание компетенции раскрывается через систему индикаторов, которые формулируются в конкретной образовательной программе. Можно предложить следующие индикаторы, созвучные требованиям цифровой грамотности:

- ОПК-6.1. Знать информационно-коммуникационные средства поддержки в области осуществления педагогической и образовательной деятельности;
- ОПК-6.2. Применять технологии виртуальной реальности, беспроводной связи при планировании и реализации педагогической деятельности;
- ОПК-6.3. Иметь навыки использования средств электронного обучения в педагогической деятельности.

Система индикаторов позволяет сформировать структуру цифровой компетентности обучающегося. При формировании компетенции ОПК-6 целесообразно предусмотреть следующие результаты обучения:

- Знать основы цифровой грамотности и безопасности при осуществлении педагогической деятельности; общие принципы применения сквозных технологий и их субтехнологий;
- Уметь использовать инструменты сквозных технологий, технологии виртуальной реальности и беспроводных се-



тей при планировании и реализации педагогической деятельности;

- Владеть методами использования электронного обучения в педагогической деятельности, в том числе с использованием сквозных технологий.

Для достижения указанных результатов подбираются соответствующие дисциплины учебного плана. В случае компетенции ОПК-6 можно использовать традиционный курс «Основы программирования» или ввести на его основе новый курс «Основы цифровой культуры», осуществить обновление существующего курса «Основы педагогики и психологии» и задействовать потенциал педагогической практики.

Курс «Основы цифровой культуры» одновременно направлен на формирование компетенции ОПК-4 «Способен решать задачи профессиональной деятельности с использованием существующих информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности». Он может содержать следующие темы: Информационное общество. Цифровая экономика. Цифровое образование как составляющий элемент цифровой экономики. Обзор современных информационных технологий. Виртуальная реальность, искусственный интеллект. Технологии Microsoft. Обзор компьютерных средств телекоммуникаций. Сетевые технологии, интернет-технологии, социальные сети. Элементы информационной безопасности. Цифровая этика. Использование компьютерных технологий в педагогической деятельности и др.

Помимо традиционных вопросов к зачету или экзамену по этому предмету в качестве оценочных средств можно использовать творческие задания, например, «Опишите круг задач Вашей профессиональной деятельности, которые могут быть решены при помощи ИТ»; «Опишите, как Вы представляете себе развитие конкретной цифровой технологии в будущем»; «Какие разделы цифровых технологий Вы считаете очень важными? Аргументируйте ответ». Кроме того, возможно предложить подготовку рефератов на темы «Информатизация образования как фактор развития общества» «Цели и задачи использования информационных и коммуникационных технологий в образовании», «Мультимедиа технологии в образовании» и т.п.

При актуализации программы дисциплины «Психология и педагогика» в тематический план добавляются вопросы посвященные методам и средствам электронного обучения в преподавании математики такие, как «Влияние процессов информатизации общества на развитие информатизации образования Преподавание медийной и информационной грамотности. Цели и направления внедрения электронных изданий и ресурсов в образование. Система требований к созданию и использованию образовательных электронных изданий и ресурсов. Перспективы использования образовательных электронных изданий и ресурсов, реализованных на базе мультимедийных технологий. Положительные и отрицательные аспекты внедрения образовательных электронных изданий и ресурсов Формирование профессиональной готовности педагогов к использованию электронных изданий и ресурсов в образовании». В качестве оценочных средств могут быть предложена подготовка учебно-исследовательских работ по темам «Педагогико-эргономические требования к созданию

и использованию программных средств учебного назначения. Реализация возможностей систем искусственного интеллекта при разработке обучающих программных средств и систем Реализация возможностей экспертных систем в образовательных целях» и т.п. Возможно проведение лабораторных работ следующей тематики «Создание электронного образовательного ресурса в рамках профиля подготовки. Разработка интерактивного средства обучения в рамках профиля подготовки» и др.

Дальнейшее углубление сформированности компетенции ОПК-6 осуществляется при прохождении педагогической практики. В рамках практики могут быть предложены следующие индивидуальные темы «Разработка электронных средств оценки качества обучения», «Разработка средств обучения на электронных носителях» и т.п.

Приведем еще один пример модернизации учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов отбора». Дисциплина преподается в пятом семестре обучения бакалавров по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского. Эта дисциплина направлена на изучение общих логических и количественных закономерностей, присущих процессам отбора, происходящих в самых разных предметных областях. Процессы отбора широко распространены в природе и обществе: биологии, экономике и т.п. Существенной сферой применения таких процессов являются современные компьютерные технологии, поскольку процессы отбора используются в многочисленных алгоритмах оптимизации, адаптации, классификации и обучения. Так, например, известно, что в основе эволюционно-генетических алгоритмов лежат дарвиновские идеи естественного отбора. С точки зрения математики в самом рафинированном виде отбор представляет собой постепенное сужение исходного множества элементов произвольной природы до результирующего (отбираемого) непустого подмножества в соответствии с некоторым критерием.

Материал курса складывается из двух взаимодополняющих частей. Первая посвящена математическому описанию произвольного процесса отбора на основе дифференциальных и разностных уравнений. Здесь студенты знакомятся с системами уравнений на стандартном симплексе – удобным математическим инструментом для моделирования отбора. Рассматриваются вопросы существования неотрицательного решения и сохранения постоянной суммы фазовых координат. Исследуются необходимые и достаточные условия и критерии отбора. Вторая часть посвящена исследованию различных моделей отбора в конкретных предметных областях – биологии, экономике и т.п. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 академических часа), из них 16 часов лекций, 16 часов практики и 39 часов самостоятельной работы. Дисциплина завершается зачетом.

Важным направлением модернизации являлось обогащение программы информационно-компьютерными приложениями процессов отбора. В этом направлении были выявлены два пути включения вопросов ИКТ в программу курса. Первый: рассмотрение существующих численных методов оптимизации с позиций отбора, второй – использование машинного обучения для восстановления критерия отбора по наблюдаемо-



му процессу отбора и его результатов. Дисциплина направлена на формирование компетенции ПК-4 «Способен применять методы математического и компьютерного исследования при анализе задач на основе знаний фундаментальных математических и компьютерных наук».

Хотя непосредственная формулировка этой компетенции предполагает лишь косвенное формирование цифровой культуры, но расшифровка ее содержания через модернизированную систему индикаторов позволила сделать эту связь более отчетливой. Так формулировка индикатора ПК-4.1 «Знает фундаментальные теоретические основы, необходимые для исследования научных проблем» была дополнена требованием «Знает методы компьютерного моделирования и исследования, общие принципы применения сквозных технологий»; формулировка индикатора ПК-4.2 «Умеет самостоятельно применять полученные знания для анализа объекта исследования, определять цели и задачи исследования, а также выбирать корректный метод исследования научной проблемы» была усилена дополнением «Умеет применять компьютерные технологии, инструменты сквозных технологий при проведении научного исследования»; формулировка индикатора ПК-4.3 «Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности, а именно, решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой» была расширена условием: «Владеет методами компьютерных технологий, сквозных технологий при проведении научных исследований».

С учетом модернизации индикаторов компетенции результаты обучения по дисциплине были дополнены освоением элементов современных сквозных технологий в следующей форме: в части знаний (индикатор ПК-4.1) – «знать общие принципы применения нейронных сетей и генетических алгоритмов»; в части умений (индикатор ПК-4.2) – «уметь применять оптимизационные методы, построенные на принципах естественного отбора, умеет восстанавливать функцию приспособленности по наблюдаемому процессу отбора с помощью методов машинного обучения в разных прикладных областях»; в части владений (ПК-4.3) – «владеть методами машинного обучения и генетических алгоритмов при проведении научного исследования». Предложенная модернизация проведена с учетом требований двух профессиональных стандартов 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» и 06.001 «Программист». В первом случае – опираясь на обобщенно-трудовую функцию (ОТФ) «Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем» и трудовую функцию В/02.6 «Проведение работ по обработке и анализу научно-технической документации и результатов исследований», во втором случае учитывались требования ОТФ «Разработка требований и проектирование программного обеспечения» и двух трудовых функций Д/01.6 «Анализ требований к программному обеспечению» и Д/03.6 «Проектирование программного обеспечения».

Соответственно был отредактирован тематический план дисциплины для достижения намеченных результатов – за счет сокращения круга рассматриваемых приложений и некоторых теоретических подробностей были введены следующие темы: Оптимизация и отбор. Порядок предпочтительности.

Задача оптимизации. Функция приспособленности. Эволюционно генетические алгоритмы. Дифференциальная эволюция. Алгоритм выживания наиболее приспособленных (SOFA). Метод роя частиц. Нейронные сети и их связь с оптимизацией. Функция потерь. Проблема восстановления функции приспособленности по наблюдаемому процессу отбора. Задача ранжирования. Задача классификации. Применение методов машинного обучения.

Для поддержки изучения дисциплины был создан синхронный электронно-управляемый курс в среде MOODLE, представленный в Системе электронного обучения ННГУ: <http://elearning.unn.ru/> (что было особенно актуально в условиях удаленного обучения 2020-2021 уч.г.). Он включает презентации и видеозаписи лекций, средства электронного тестирования, практические задания и материалы для самостоятельной работы студентов.

Для обеспечения обучения использовались следующие программные и интернет-ресурсы:

- Универсальные средства разработки, командной работы, работы с пользователями: Yandex.Cloud, Google (Google Академия <https://scholar.google.com/>, Google Переводчик), Zoom;
- Библиотеки для машинного обучения Scikit-learn, Numpy, Pandas, Keras, Tensorflow;
- Библиотека алгоритмов глобальной оптимизации NLopt <https://nlopt.readthedocs.io/en/latest/>.

Одним из оценочных средств по данной дисциплине является электронный тест.

Разработанный электронный тест состоит из набора вопросов, охватывающих основные разделы и темы предмета. Электронная система автоматически генерирует тест из общей базы тестовых вопросов так, что он содержит вопросы из каждого раздела дисциплины. Каждый студент получает индивидуальный тест, выполнение которого является неотъемлемой частью реализации учебной программы и осуществляется дистанционно. На выполнение теста отводится заранее определенное время. Количество баллов за выполнение теста, а также оценка (в процентном соотношении) вычисляется автоматически системой электронного тестирования. Устанавливается пороговый уровень успешного прохождения теста. Обучающиеся, которые не смогли успешно пройти тест первоначально, имеют возможность прохождения повторного тестирования. Неспособность студента справиться с тестом демонстрирует преподавателю недостаточную подготовку студента, отсутствие минимально допустимого уровня освоения учебного материала.

Разработанный тестовый материал может в том числе использоваться и при организации самостоятельной работы студентов. Используя обучающий режим, студенты могут самостоятельно регулярно проходить домашнее тестирование по изучаемой теме для самопроверки и контроля самоподготовки.

Ввиду ограниченного числа аудиторных часов для интенсификации обучения активно используются методы проектного обучения. Тематика проектов, опирается на актуальные научные исследования, проводимые в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского [41, 42].

При этом студенты получают в начале семестра задание для



выполнения проектной работы. Проектные работы выполняются группами студентов из 3-4 человек. Обязательными этапами выполнения работы являются: распределение обязанностей между участниками группы, выбор ответственного координатора, составление плана, изучение литературы, освоение технических средств, промежуточная отчетность в виде доклада, представление и защита результатов в устной и письменной форме. При этом практические занятия используются для проведения консультаций и контроля за выполнением проектов. Были предложены следующие темы проектных работ, направленные в числе прочего на освоение сквозных технологий:

- Идентификация параметров функции приспособленности с помощью технологий нейронных сетей [14, 15, 17, 40, 42];
- Восстановление функции приспособленности биологической популяции по наблюдаемому процессу отбора путем решения задачи линейной бинарной классификации [14, 15, 19, 40, 42];
- Идентификация функции приспособленности биологической популяции путем решения задачи ранжирования [14, 15, 17, 19, 40, 42];
- Поиск эволюционно устойчивой стратегии поведения живых организмов с помощью эволюционно-генетических алгоритмов [18];
- Оптимизация функции приспособленности биологической популяции методом дифференциальной эволюции [18];
- Сравнение эффективности методов дифференциальной эволюции и алгоритма выживания наиболее приспособленных в решении задачи поиска эволюционно устойчивой стратегии поведения [39];
- Максимизация функции приспособленности в случае ее зависимости от множества сосуществующих конкурирующих стратегий поведения;
- Распознавание качественных характеристик эволюционно устойчивых стратегий поведения по стабильным условиям окружающей среды с помощью технологий нейронных сетей [16, 41].

Для проверки сформированности компетенции ПК-4 использовались следующие оценочные средства: по индикатору ПК-4.1 («знать») – электронный тест; по индикатору ПК-4.2 («уметь») – практические задания; по индикатору ПК-4.3 («владеть») – проектные работы.

Изложенный проектный подход при изучении математики, позволяет облегчить восприятие дисциплины обучающимися, демонстрируя связь между теоретическим материалом, характеризующимся высокой степенью абстрактности, и практическим применением в инженерных специальностях. Работа над проектами, имеющими прикладное значение в области информационных технологий, повышает мотивацию обучающихся к изучению этой дисциплины.

## Заключение

Цифровая культура, вырастающая из математической грамотности, в дальнейшем должна стать основой для развития цифровой компетентности, которая может быть представле-

на совокупностью универсальных, общепрофессиональных и профессиональных цифровых компетенций, актуальных для жизнедеятельности в цифровом обществе. В ходе проведенного исследования рассмотрены два пути модернизации программ математической подготовки в целях обеспечения цифровой культуры: расширение перечня формируемых компетенций (добавление дополнительных компетенций, связанных с цифровыми навыками) или углубление содержания формируемых компетенций через систему индикаторов. Оба метода предполагают актуализацию результатов обучения, как по каждой рабочей дисциплине, так и по всей образовательной программе в целом. Важным аспектом модернизации является пересмотр фонда оценочных средств с учетом появления новых электронных форм контроля, которые предполагают применение и развитие полученных знаний в сфере информационных и «сквозных» технологий. Актуальным направлением модернизации математического образования является развитие исследовательского обучения и, в частности, применение проектных подходов. В качестве результата исследования приведен пример модернизации образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 01.03.01 «Математика» для обеспечения компетенций цифровой культуры. Вторым рассмотренный пример опирается на результаты актуализации дисциплины «Математическое моделирование процессов отбора» для бакалавров направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

## Список использованных источников

- [1] Басалин, П. Д. Стратегии выбора действий в интеллектуальной обучающей среде с подкреплением / П. Д. Басалин, Д. А. Куликов. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.735 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 190-199. – Рез. англ.
- [2] Басалин, П. Д. Адаптация гибридной интеллектуальной обучающей среды с подкреплением / П. Д. Басалин, Д. А. Куликов, Ю. В. Маскина. – DOI 10.25559/SITITO.16.202003.788-798 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 788-798. – Рез. англ.
- [3] Басалин, П. Д. Оболочка гибридной системы интеллектуальной поддержки процессов принятия решений / П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // Системы управления и информационные технологии. – 2018. – № 1(71). – С. 24-28. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32614303> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [4] Басалин, П. Д. Оболочка гибридной интеллектуальной обучающей среды продукционного типа / П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // Образовательные технологии и общество. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 396-405. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253182> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [5] Интеллектуальные образовательные технологии в учебном процессе / П. Д. Басалин, П. Ю. Белокрылов, А. С. Плехов [и др.] // Образовательные технологии и общество. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 186-196. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233714> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.





- [6] Басалин, П. Д. Нечеткие модели функционирования гибридной интеллектуальной обучающей среды производственного типа / П. Д. Басалин, А. Е. Тимофеев // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 49-55. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36915740> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [7] Применение инструментов электронного обучения для международной академической мобильности неанглоговорящих студентов-математиков / А. П. Снегуренко [и др.]. – DOI 10.15507/1991-9468.094.023.201901.008-022 // *Интеграция образования*. – 2019. – Т. 23, № 1. – С. 8-22.
- [8] Кузенков, О. А. Компьютерная поддержка учебно-исследовательских проектов в области математического моделирования процессов отбора / О. А. Кузенков, Г. В. Кузенкова, Т. П. Киселева // *Образовательные технологии и общество*. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 152-163. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37037790> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [9] Особенности проектирования компьютерных программ-тьюторов для обучения численным методам математики будущих инженеров / С. В. Новикова [и др.]. – DOI 10.15507/1991-9468.087.021.201702.322-343 // *Интеграция образования*. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 322-343.
- [10] Захарова, И. В. Опыт реализаций требований образовательных и профессиональных стандартов в области ИКТ в Российском образовании / И. В. Захарова, О. А. Кузенков // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2016. – Т. 1761. – С. 17-31. – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1761/paper02.pdf> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [11] Кузенков, О. А. Модернизация математических программ на основе российских и международных стандартов / О. А. Кузенков, И. В. Захарова. – DOI 10.25559/SITITO.14.201801.233-244 // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. – 2018. – Т. 14, № 1. – С. 233-244. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35050063> (дата обращения: 19.03.2021).
- [12] Захарова, И. В. О некоторых тенденциях современного математического образования на примере анализа ГОС ВПО, ФГОС ВПО и ФГОС ВО по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика» / И. В. Захарова, А. В. Язенин // *Образовательные технологии и общество*. – 2015. – Т. 18, № 4. – С. 629-640. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25100455> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [13] Модернизация программ математических дисциплин ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках проекта MetaMath / О. А. Кузенков, Е. А. Рябова, Р. С. Бирюков, Г. В. Кузенкова // *Нижегородское образование*. – 2016. – № 1. – С. 4-10. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25945395> (дата обращения: 19.03.2021).
- [14] Kuzenkov, O. Exploring Evolutionary Fitness in Biological Systems Using Machine Learning Methods / O. Kuzenkov, A. Morozov, G. Kuzenkova. – DOI 10.3390/e23010035 // *Entropy*. – 2021. – Vol. 23, No 1. – Pp. 1-17.
- [15] Kuzenkov, O. Machine learning evaluating evolutionary fitness in complex biological systems / O. Kuzenkov, A. Morozov, G. Kuzenkova. – DOI 10.1109/IJCNN48605.2020.9206653 // *2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. – IEEE Press, Glasgow, UK, 2020. – Pp. 1-7.
- [16] Kuzenkov, O. Information Technologies of Evolutionarily Stable Behavior Recognition / O. Kuzenkov. – DOI 10.1007/978-3-030-46895-8\_20 // *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*; ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. – Springer, Cham. – 2020. – Vol. 1201. – Pp. 150-157.
- [17] Kuzenkov, O. Identification of the Fitness Function using Neural Networks / O. Kuzenkov, G. Kuzenkova. – DOI 10.1016/j.procs.2020.02.179 // *Procedia Computer Science*. – 2020. – Vol. 169. – Pp. 692-697.
- [18] Morozov, A. Modelling optimal behavioural strategies in structured populations using a novel theoretical framework / A. Morozov, O. A. Kuzenkov, E. G. Arashkevich. – DOI 10.1038/s41598-019-51310-w // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9, issue 1. – Article 15020.
- [19] Sandhu, S. K. Revealing Evolutionarily Optimal Strategies in Self-Reproducing Systems via a New Computational Approach / S. K. Sandhu, A. Morozov, O. Kuzenkov. – DOI 10.1007/s11538-019-00663-4 // *Bulletin of Mathematical Biology*. – 2019. – Vol. 81, issue 11. – Pp. 4701-4725.
- [20] Повышение эффективности освоения практических компетенций студентами ИТ-специальностей на основе кросс-предметных научных исследований / С. В. Новикова, Ю. А. Тунакова, К. Н. Новикова, Э. Ш. Кремлева // *Образовательные технологии и общество*. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 101-114. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41828159> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [21] Автоматическая генерация рекомендуемых систем на основе качественной интерпретации мониторинговой информации / Э. Ш. Кремлева, А. П. Снегуренко, С. В. Новикова, Н. Л. Валитова. – DOI 10.26456/vtppmk599 // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика*. – 2020. – № 3. – С. 50-67. – Рез. англ.
- [22] Новикова, С. В. Инструменты оценки эффективности обучения по стандартам SEFI в e-learning системе Math-Bridge / С. В. Новикова, К. Н. Новикова // *Образовательные технологии и общество*. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 496-508. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27163072> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [23] Sicilia, M.-A. Digital skills training in Higher Education: insights about the perceptions of different stakeholders / M.-A. Sicilia [и др.]. – DOI 10.1145/3284179.3284312 // *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'18)*. – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2018. – Pp. 781-787.
- [24] Захарова, И. В. Проектирование образовательных программ в области ИКТ с учетом профессиональных стандартов / И. В. Захарова, С. М. Дудаков, И. С. Солдатенко // *Инженерное образование*. – 2017. – № 21. – С. 140-144.



- URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29988103> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [25] Захарова, И. В. Сравнительный анализ образовательных стандартов ФГОС ВО 3+ и ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика» / И. В. Захарова, С. М. Дудаков // *Образовательные технологии и общество*. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 96-105. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233705> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [26] Захарова, И. В. О разработке примерного учебного плана по УГНС «Компьютерные и информационные науки» в соответствии с профессиональными стандартами / И. В. Захарова, С. М. Дудаков, А. В. Язенин // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология*. – 2016. – № 2. – С. 84-100. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26555960> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [27] Захарова, И. В. О разработке магистерской программы по УГНС «Компьютерные и информационные науки» в соответствии с профессиональными стандартами / И. В. Захарова, С. М. Дудаков, А. В. Язенин // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология*. – 2016. – № 3. – С. 114-126. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27126575> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [28] О методических аспектах разработки примерных образовательных программ высшего образования / И. В. Захарова, С. М. Дудаков, А. В. Язенин, И. С. Солдатенко // *Образовательные технологии и общество*. – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 330-354. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102764> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [29] Гугина, Е. В. Образовательные стандарты Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского / Е. В. Гугина, О. А. Кузенков // *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. – 2014. – № 3-4. – С. 39-44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22862964> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [30] Гергель, В. П. Разработка образовательного стандарта Нижегородского госуниверситета по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии» / В. П. Гергель, Е. В. Гугина, О. А. Кузенков // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. – 2010. – Т. 6, № 1. – С. 51-60. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24172758> (дата обращения: 19.03.2021).
- [31] Гергель, В. П. Разработка самостоятельно устанавливаемых образовательных стандартов Нижегородского госуниверситета в области информационно-коммуникационных технологий / В. П. Гергель, О. А. Кузенков // *Школа будущего*. – 2012. – № 4. – С. 100-105. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17926157> (дата обращения: 19.03.2021).
- [32] Захарова, И. В. Проект MetaMath программы Темпус: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах / И. В. Захарова, О. А. Кузенков, И. С. Солдатенко // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. – 2014. – № 10. – С. 159-171. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23020629> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [33] Кузенков, О. А. Взаимосвязь между проектом MetaMath и продолжающейся реформой высшего образования в России / О. А. Кузенков, И. В. Захарова // *Образовательные технологии и общество*. – 2017. – Т. 20, № 3. – С. 279-291. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29438091> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [34] Zakharova, I. V. Using SEFI framework for modernization of requirements system for mathematical education in Russia / I. V. Zakharova [и др.] // *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 – Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. – Finland: SEFI, 2016. – 15 p. – URL: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/zakharova-using-sefi-framework-for-modernization-of-requirements-system-for-mathematical-education-155.pdf> (дата обращения: 19.03.2021).
- [35] Soldatenko, I. S. Modernization of math-related courses in engineering education in Russia based on best practices in European and Russian universities / I. S. Soldatenko [и др.] // *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 – Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. – Finland: SEFI, 2016. – 16 p. – URL: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/soldatenko-modernization-of-math-related-courses-in-engineering-education-in-russia-based-133.pdf> (дата обращения: 19.03.2021).
- [36] Pokholkov, Y. Overview of Engineering Mathematics Education for STEM in Russia / Y. Pokholkov [и др.]. – DOI 10.1007/978-3-319-71416-5\_3 // *Modern Mathematics Education for Engineering Curricula in Europe*; ed. by S. Pohjolainen, T. Myllykoski, C. Mercat, S. Sosnovsky. – Birkhäuser, Cham, 2018. – Pp. 39-53.
- [37] Кузенков, О. А. Использование электронных средств обучения при модернизации курса «Математическое моделирование процессов отбора» / О. А. Кузенков, Г. В. Кузенкова, Т. П. Киселева // *Образовательные технологии и общество*. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 435-448. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253185> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [38] Дудаков, С. М. Мониторинг сформированности математических компетенций у студентов ИТ – специальностей / С. М. Дудаков, И. В. Захарова // *Инженерное образование*. – 2017. – № 21. – С. 90-95. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29988095> (дата обращения: 19.03.2021). – Рез. англ.
- [39] Kuzenkov, O. A. Global optimization in Hilbert space / O. A. Kuzenkov, V. A. Grishagin. – DOI 10.1063/1.4952195 // *AIP Conference Proceedings*. – 2016. – Vol. 1738. – Article 400007.
- [40] Kuzenkov, O. Towards the Construction of a Mathematically Rigorous Framework for the Modelling of Evolutionary



- Fitness / O. Kuzenkov, A. Morozov. – DOI 10.1007/s11538-019-00602-3 // Bulletin of Mathematical Biology. – 2019. – Vol. 81, issue 11. – Pp. 4675-4700.
- [41] Kuzenkov, O. Recognition of patterns of optimal diel vertical migration of zooplankton using neural networks / O. Kuzenkov, A. Morozov, G. Kuzenkova. – DOI 10.1109/IJCNN.2019.8852060 // 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). – IEEE Press, Budapest, Hungary, 2019. – Pp. 1-6.
- [42] Kuzenkov, O. Variational Principle for Self-replicating Systems / O. Kuzenkov, E. Ryabova. – DOI 10.1051/mmnp/201510208 // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. – 2015. – Vol. 10, No. 2. – Pp. 115-128.
- Поступила 19.03.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 29.05.2021.
- Об авторах:**
- Кузенков Олег Анатольевич**, доцент кафедры дифференциальных уравнений, математического и численного анализа, Институт информационных технологий, математики и механики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (603022, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23), кандидат физико-математических наук, доцент, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9407-0517>, [kuzenkov\\_o@mail.ru](mailto:kuzenkov_o@mail.ru)
- Захарова Ирина Владимировна**, заместитель декана по учебной работе факультета прикладной математики и кибернетики, доцент кафедры математической статистики и системного анализа, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170100, Российская Федерация, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33), кандидат физико-математических наук, доцент, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9963-5828>, [zakhar\\_iv@mail.ru](mailto:zakhar_iv@mail.ru)
- Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
- References**
- [1] Basalin P.D., Kulikov D.A. Action Strategies in Intelligent Reinforcement Learning Environments. *Sovremennyye informacionnyye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2021; 17(1):190-199. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202101.735>
- [2] Basalin P.D., Kulikov D.A., Maskina Yu.V. Adapting a Hybrid Intelligent Reinforcement Learning Environment. *Sovremennyye informacionnyye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2020; 16(3):788-798. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202003.788-798>
- [3] Basalin P.D., Timofeev A.E. Hybrid Intelligent Decision Support System Shell. *Sistemy upravleniya i informacionnyye tehnologii* = Management systems and information technologies. 2018; (1):24-28. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32614303> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [4] Basalin P.D., Timofeev A.E. *Obolochka gibridnoj intellektual'noj obuchajushhej sredy produkcionnogo tipa* [The shell of a hybrid intellectual learning environment of the production type]. *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):396-405. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32253182> (accessed 19.03.2021). (In Russ.)
- [5] Basalin P.D., Belokrylov P.Yu., Plekhov A.S., Timofeev A.Ya., Yashunin D.A. *Intellektual'nye obrazovatel'nye tehnologii v uchebnom processe* [Intellectual learning technologies in the educational process]. *Educational Technology & Society*. 2019; 22(4):186-196. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41233714> (accessed 19.03.2021). (In Russ.)
- [6] Basalin P.D., Timofeev A.E. Fuzzy Models for the Functioning of the Rule-Based Hybrid Intelligent Learning Environment. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(2):49-55. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36915740> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [7] Snegurenko A.P., Sosnovsky S.A., Novikova S.V., Yakhina R.R., Valitova N.L., Kremleva E.Sh. Using E-Learning Tools to Enhance Students-Mathematicians' Competences in the Context of International Academic Mobility Programmes. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2019; 23(1):8-22. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.094.023.201901.008-022>
- [8] Kuzenkov O., Kuzenkova G., Kiseleva T. Computer support of training and research projects in the field of mathematical modeling of selection processes. *Educational Technology & Society*. 2019; 22(1):152-163. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37037790> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [9] Novikova S.V., Sosnovsky S.A., Yakhina R.R., Valitova N.L., Kremleva E.Sh. The specific aspects of designing computer-based tutors for future engineers in numerical methods studying. *Integratsiya obrazovaniya* = Integration of Education. 2017; 2(21):322-343. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.087.021.201702.322-343>
- [10] Zakharova I., Kuzenkov O. Experience in implementing the requirements of the educational and professional standards in the field of ICT in Russian Education. *CEUR Workshop Proceedings*. 2016; 1761:17-31. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-1761/paper02.pdf> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [11] Kuzenkov O.A., Zakharova I.V. Mathematical Programs Modernization Based on Russian and International Standards. *Sovremennyye informacionnyye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2018; 14(1):233-244. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.14.201801.233-244>
- [12] Zakharova I.V., Yazenin A.V. About some trends in modern mathematical education on the example of the analysis of the State Higher Educational Educational Standards, the Federal State Educational Standards and the Federal State Educational Standards in the field of training "Applied Mathematics and Computer Science". *Educational Technology & Society*. 2015; 18(4):629-640. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25100455> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)



- [13] Kuzenkov O.A., Ryabova E.A., Biryukov R.S., Kuzenkova G.V. Modernization of the program of mathematical disciplines of N. I. Lobachevsky National Research University within the framework of the MetaMath project. *Education in Nizhny Novgorod*. 2016; (1):4-10. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25945395> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [14] Kuzenkov O., Morozov A., Kuzenkova G. Exploring Evolutionary Fitness in Biological Systems Using Machine Learning Methods. *Entropy*. 2021; 23(1):1-17. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3390/e23010035>
- [15] Kuzenkov O., Morozov A., Kuzenkova G. Machine learning evaluating evolutionary fitness in complex biological systems. *2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE Press, Glasgow, UK; 2020. p. 1-7. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/IJCNN48605.2020.9206653>
- [16] Kuzenkov O. Information Technologies of Evolutionarily Stable Behavior Recognition. In: Ed. by V. Sukhomlin, E. Zubareva. *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2020; 1201:150-157. Springer, Cham. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8_20)
- [17] Kuzenkov O., Kuzenkova G. Identification of the Fitness Function using Neural Networks. *Procedia Computer Science*. 2020; 169:692-697. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.02.179>
- [18] Morozov A., Kuzenkov O.A., Arashkevich E.G. Modelling optimal behavioural strategies in structured populations using a novel theoretical framework. *Scientific Reports*. 2019; 9(1):15020. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51310-w>
- [19] Sandhu S.K., Morozov A., Kuzenkov O. Revealing Evolutionarily Optimal Strategies in Self-Reproducing Systems via a New Computational Approach. *Bulletin of Mathematical Biology*. 2019; 81(11):4701-4725. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11538-019-00663-4>
- [20] Novikova S.V., Tunakova Yu.A., Novikova K.N., Kremleva E.S. Improving the efficiency of mastering practical competencies by students of IT specialties on the basis of cross-subject scientific research. *Educational Technology & Society*. 2020; 23(1):101-114. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41828159> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [21] Kremleva E.Sh., Snegurenko A.P., Novikova S.V., Valitova N.L. Automatic generation of recommendation systems based on qualitative interpretation of monitoring information. *Vestnik TvGU. Seriya: Prikladnaya matematika* = Herald of Tver State University. Series: Applied Mathematics. 2020; (3):50-67. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.26456/vtppmk599>
- [22] Novikova S.V., Novikova K.N. Tools for evaluating the effectiveness of training according to CEI standards in the Math-Bridge e-learning system. *Educational Technology & Society*. 2016; 19(4):496-508. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27163072> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [23] Sicilia M.-A., et al. Digital skills training in Higher Education: insights about the perceptions of different stakeholders. *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2018. p. 781-787. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3284179.3284312>
- [24] Zakharova I.V., Dudakov S.M., Soldatenko I.S. Designing educational programs in the field of ICT taking into account professional standards. *Engineering Education*. 2017; (21):140-144. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29988103> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [25] Zakharova I.V., Dudakov S.M. "Srovnitel'nyj analiz obrazovatel'nyh standartov FGOS VO 3+ i FGOS VO 3++ po napravleniju podgotovki Prikladnaya matematika i informatika" [Comparative analysis of educational standards of Federal State Educational Standards 3+ and 3++ in the field of training "Applied Mathematics and Computer Science". *Educational Technology & Society*. 2019; 22(4):96-105. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41233705> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [26] Zakharova I.V., Dudakov S.M., Yazenin A.V. On the development of an approximate curriculum for the UGNS "Computer and Information Sciences" in accordance with professional standards. *Vestnik TvGU. Seriya: Pedagogika i psihologija* = Herald of Tver State University. Series: Pedagogy and Psychology. 2016; (2):84-100. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26555960> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [27] Zakharova I.V., Dudakov S.M., Yazenin A.V. On the development of masters' program on ugnis "Computer and Information Science" in accordance with professional standards. *Vestnik TvGU. Seriya: Pedagogika i psihologija* = Herald of Tver State University. Series: Pedagogy and Psychology. 2016; (3):114-126. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27126575> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [28] Zakharova I.V., Dudakov S.M., Yazenin A.V., Soldatenko I.S. On methodological aspects of the development of exemplary educational programs of higher education. *Educational Technology & Society*. 2015; 18(3):330-354. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24102764> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [29] Gugina E.V., Kuzenkov O.A. Educational Standards of the Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*. 2014; (3-4):39-44. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22862964> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [30] Gergel V.P., Gugina E.V., Kuzenkov O.A. *Razrabotka obrazovatel'nogo standarta Nizhegorodskogo gosuniversiteta po napravleniju "Fundamental'naja informatika i informacionnye tehnologii"* [Development of the educational standard of the Nizhny Novgorod State University in the direction of "Fundamental informatics and information technologies"]. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2010; 6(1):51-60. Available at: <https://www.>



- elibrary.ru/item.asp?id=24172758 (accessed 19.03.2021). (In Russ.)
- [31] Gergel V.P., Kuzenkov O.A. *Razrabotka samostojatel'no ustanavlivaemyh obrazovatel'nyh standartov Nizhegorodskogo gosuniversiteta v oblasti informacionno-kommunikacionnyh tehnologij* [Development of independently established educational standards of the Nizhny Novgorod State University in the field of information and communication technologies]. *School of the Future*. 2012; (4):100-105. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17926157> (accessed 19.03.2021). (In Russ.)
- [32] Zakharova I.V., Kuzenkov O.A., Soldatenko I.S. The MetaMath project of the Tempus program: application of modern educational technologies for improving mathematical education within the framework of engineering directions in Russian universities. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie = Modern Information Technologies and IT-Education*. 2014; (10):159-171. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23020629> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [33] Kuzenkov O. A., Zakharova I. V. The relationship between the MetaMath project and the ongoing reform of higher education in Russia. *Educational Technology & Society*. 2017; 20(3):279-291. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29438091> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [34] Zakharova I.V., et al. Using SEFI framework for modernization of requirements system for mathematical education in Russia. *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 – Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. Finland: SEFI; 2016. 15 p. Available at: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/zakharova-using-sefi-framework-for-modernization-of-requirements-system-for-mathematical-education-155.pdf> (accessed 19.03.2021). (In Eng.)
- [35] Soldatenko I.S., et al. Modernization of math-related courses in engineering education in Russia based on best practices in European and Russian universities. *Proceedings of the 44th SEFI Annual Conference 2016 – Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation (SEFI 2016)*. Finland: SEFI; 2016. 16 p. Available at: <http://sefibenvwh.cluster023.hosting.ovh.net/wp-content/uploads/2017/09/soldatenko-modernization-of-math-related-courses-in-engineering-education-in-russia-based-133.pdf> (accessed 19.03.2021). (In Eng.)
- [36] Pokholkov, Y. et al. Overview of Engineering Mathematics Education for STEM in Russia. In: Ed. by S. Pohjolainen, T. Myllykoski, C. Mercat, S. Sosnovsky. *Modern Mathematics Education for Engineering Curricula in Europe*. Birkhäuser, Cham; 2018. p. 39-53. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71416-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71416-5_3)
- [37] Kuzenkov O., Kuzenkova G., Kiseleva T. The use of electronic teaching tools in the modernization of the course "Mathematical modeling of selection processes". *Educational Technology & Society*. 2018; 21(1):435-448. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32253185> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [38] Dudakov S.M., Zakharova I.V. Monitoring of the formation of mathematical competencies among students of IT specialties. *Engineering Education*. 2017; (21):90-95. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29988095> (accessed 19.03.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [39] Kuzenkov O.A., Grishagin V.A. Global optimization in Hilbert space. *AIP Conference Proceedings*. 2016; 1738:400007. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4952195>
- [40] Kuzenkov O., Morozov A. Towards the Construction of a Mathematically Rigorous Framework for the Modelling of Evolutionary Fitness. *Bulletin of Mathematical Biology*. 2019; 81(11):4675-4700. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11538-019-00602-3>
- [41] Kuzenkov O., Morozov A., Kuzenkova G. Recognition of patterns of optimal diel vertical migration of zooplankton using neural networks. *2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE Press, Budapest, Hungary, 2019. p. 1-6. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/IJCNN.2019.8852060>
- [42] Kuzenkov O., Ryabova E. Variational Principle for Self-replicating Systems. *Mathematical Modelling of Natural Phenomena*. 2015; 10(2):115-128. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1051/mmnp/201510208>

Submitted 19.03.2021; approved after reviewing 18.05.2021;  
accepted for publication 29.05.2021.

#### About the authors:

**Oleg A. Kuzenkov**, Associate Professor of the Department of Differential Equations, Mathematical and Numerical Analysis, Institute of Information Technology, Mathematics and Mechanics, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (23 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod 603022, Russian Federation), Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9407-0517>**, kuzenkov\_o@mail.ru

**Irina V. Zakharova**, Deputy Dean for Academic Affairs of the Faculty of Applied Mathematics and Cybernetics, Associate Professor of the Department of Mathematical Statistics and System Analysis, Tver State University (33 Zhelyabova St., Tver 170100, Russian Federation), Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9963-5828>**, zakhar\_iv@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

