

## ОБУЧЕНИЕ ИНФОРМАТИКЕ TEACHING COMPUTER SCIENCE

DOI: 10.22363/2312-8631-2025-22-3-255-267

EDN: QEMSMM

УДК 373.5.016:004.43

Научная статья / Research article

### Сравнительный анализ международных практик обучения программированию школьников

Т.М. Босенко<sup>1</sup>, А.Р. Садыкова<sup>1</sup>, И.В. Левченко<sup>2</sup><sup>1</sup>Московский городской педагогический университет, Москва, Российская Федерация<sup>2</sup>Московский педагогический государственный университет, Москва, Российская Федерацияsadykovaar@mgpu.ru

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Представлен сравнительный анализ международных практик по обучению программированию школьников в условиях технологизации современного общества. Цель исследования – выявление наиболее эффективных практик обучения программированию на основе комплексного анализа международного опыта для оценки целесообразности их внедрения в систему российского образования школьников. Исследование охватывает опыт девяти стран (Великобритания, Германия, Китай, Сингапур, США, Финляндия, Эстония, Южная Корея, Япония), выбранных как репрезентативные представители различных образовательных систем и лидеры цифровой трансформации образования в своих регионах. *Методология.* На основе комплексного анализа выявлены и классифицированы три основные модели обучения программированию: интегрированная, специализированная и гибридная. Компаративный анализ международных практик позволил провести сравнительное изучение образовательных систем различных стран. Статистический анализ показателей эффективности основывался на обработке количественных данных об успеваемости учащихся по результатам международных исследований. *Результаты.* Позволили сформулировать научно обоснованную оценку целесообразности внедрения международных практик в образовательную систему с учетом возрастных особенностей учащихся. *Заключение.* Установлено, что наиболее успешные международные образовательные системы характеризуются сбалансированным развитием инфраструктурного, методологического и кадрового компонентов.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация образования, цифровые технологии, школьное образование, международный опыт информатизации образования, школьный курс информатики

© Босенко Т.М., Садыкова А.Р., Левченко И.В., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Вклад авторов.** *Т.М. Босенко* – разработка методологии, создание модели исследования, сбор данных по девяти странам и их систематизация, администрирование и визуализация. *А.Р. Садыкова* – концепция (формулирование идеи, исследовательских целей и задач), дизайн исследования, надзор и руководство за его планированием и выполнением. *И.В. Левченко* – верификация, анализ и синтез данных исследования, написание рукописи, ее редактирование. Авторы прочли и одобрили окончательную версию рукописи.

**Заявление о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 16 января 2025 г.; доработана после рецензирования 4 апреля 2025 г.; принята к публикации 10 апреля 2025 г.

**Для цитирования:** *Босенко Т.М., Садыкова А.Р., Левченко И.В.* Сравнительный анализ международных практик обучения программированию школьников // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2025. Т. 22. № 3. С. 255–267. <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2025-22-3-255-267>

## Comparative analysis of international practices in teaching programming to schoolchildren

Timur M. Bosenko<sup>1</sup>, Albina R. Sadykova<sup>1</sup>, Irina V. Levchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Moscow City University, Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russian Federation*

sadykovaar@mgpu.ru

**Abstract. Problem statement.** Presents a comparative analysis of international practices in teaching programming to schoolchildren in the context of technologization of modern society. The purpose of the study is to identify the most effective practices in teaching programming based on a comprehensive analysis of international experience to assess the feasibility of their implementation in the Russian school education system. The study showed the experience of nine countries (Great Britain, Germany, China, Singapore, USA, Finland, Estonia, South Korea, Japan), selected as representative representatives of various educational systems and leaders of digital transformations of education in their regions. *Methodology.* Based on a comprehensive analysis, three main models of teaching programming were identified and classified: integrated, specialized and hybrid. A comparative analysis of international practices allowed for a comparative study of educational systems in various countries. The statistical analysis of performance indicators was based on the processing of quantitative data on student performance and the results of international studies. *Results.* The results of the study made it possible to formulate a scientifically based assessment of the feasibility of introducing international practices into the educational system, taking into account the age characteristics of students. *Conclusion.* It has been established that the most successful international educational systems are characterized by a balanced development of infrastructural, methodological and personnel components.

**Keywords:** digital transformation of education, digital technologies, school education, international experience of informatization of education, school informatics course

**Author's contribution.** *Timur M. Bosenko* – development methodology, creation of a research model, data collection for nine countries and their systematization, administration and

visualization. *Albina R. Sadykova* – concept (formulation of ideas, research goals and objectives) and research design, supervision and guidance over the planning and implementation of research. *Irina V. Levchenko* – data verification, analysis and synthesis of research, writing of the manuscript, its editing. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

**Conflicts of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Article history:** received 16 January 2025; revised 4 April 2025; accepted 10 April 2025.

**For citation:** Bosenko TM, Sadykova AR, Levchenko IV. Comparative analysis of international practices of teaching programming to schoolchildren. *RUDN Journal of Informatization in Education*. 2025;22(3):255–267. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2312-8631-2025-22-3-255-267>

**Постановка проблемы.** Цифровая трансформация образования является одним из ключевых трендов современного мира, определяющих направление развития процесса обучения программированию в зарубежных школах. Как показывают исследования [1], обучение программированию школьников – критически важный элемент подготовки молодого поколения в условиях технологизации общества. В последнее десятилетие способность к программированию рассматривается в зарубежных исследованиях как ключевая компетенция школьников [2; 3].

В рамках сравнительного анализа международных практик обучения программированию был рассмотрен опыт таких стран, как Великобритания [4], Германия [5], Китай [6], Сингапур [7], США [8], Финляндия [9], Эстония [10], Южная Корея [11], Япония [12].

Анализ существующих исследований выявляет пробел в систематизации и оценке эффективности различных практик по обучению программированию в зарубежных школах. Большинство работ фокусируется на отдельных аспектах преподавания или ограничивается опытом отдельных стран, что не позволяет сформировать целостное представление о процессе обучения программированию в условиях цифровизации зарубежных образовательных систем.

Цель данного исследования заключается в проведении комплексного анализа международного опыта обучения программированию в школьном образовании для выявления наиболее эффективных практик такого обучения с последующей оценкой целесообразности их внедрения в систему российского образования школьников.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ существующих практик обучения программированию в различных странах;
- выявление показателей уровня освоения программирования школьниками по возрастным группам;
- выявление факторов успеваемости школьников по программированию;
- анализ применения языков программирования в международных образовательных системах;
- выявление условий, влияющих на эффективность обучения школьников программированию.

**Методология.** Методологическую основу исследования составляет комплексный подход к анализу международных практик обучения программированию, объединяющий современные методы научного исследования [13]. Компаративный анализ международных практик позволил провести сравнительное изучение образовательных систем различных стран с подробным рассмотрением нормативной документации и учебных программ [14], что обеспечило выявление общих тенденций и уникальных особенностей обучения программированию в разных странах.

Статистический анализ показателей эффективности основывался на обработке количественных данных об успеваемости учащихся и результатах международных исследований [15], что позволило выявить статистически значимые показатели и корреляции между различными факторами образовательного процесса.

Критериальная оценка образовательных систем рассматриваемых стран проводилась на основе количественных показателей, характеризующих инфраструктуру и ресурсное обеспечение, качество учебных программ, квалификацию преподавательского состава, степень охвата различных уровней образования и результативность обучения. Данный подход обеспечил возможность проведения объективного сравнительного анализа международных практик обучения школьников программированию и формирования обоснованных выводов о их эффективности.

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ международных практик обучения программированию в школах позволил выявить три основные модели: интегрированную, специализированную и гибридную. Каждая модель обучения программированию имеет определенные характеристики.

Интегрированная модель, реализуемая в Германии, Финляндии и Эстонии, предполагает практико-ориентированное обучение программированию в контексте различных учебных предметов и способствует развитию междисциплинарных связей. Положительной стороной данной модели является представление о программировании как инструменте решения разнообразных задач, а отрицательной – недостаточная глубина освоения программирования как самостоятельного направления в обучении школьников.

Специализированная модель, характерная для Китая, Великобритании и Сингапура, основывается на структурированном и углубленном подходе к обучению школьников программированию. Ее преимущество заключается в возможности более детального освоения программирования, а недостаток – в потенциальной изолированности от других предметных областей.

Гибридная модель, применяемая в США, Южной Корее и Японии, сочетает элементы обоих подходов, обеспечивая гибкость и адаптивность. Сильная сторона этой модели – возможность построения индивидуальных образовательных траекторий, однако она требует более сложной организации образовательного процесса и высокой квалификации педагогов.

На основе анализа международного опыта выявлены показатели уровня освоения программирования школьниками [6] (табл. 1).

Таблица 1

**Показатели уровня освоения программирования по возрастным группам  
в международной практике**

Возрастная группа	Показатель	Уровень освоения, %
Начальная школа (6–10 лет)	Освоение базовых алгоритмических умений	85
	Использование визуальных сред программирования	70
	Создание простых программ	65
Средняя школа (11–15 лет)	Освоение языков программирования	75
	Реализация учебных проектов	60
	Участие во внеурочной деятельности	55
Старшая школа (16–18 лет)	Углубленное обучение программированию	65
	Реализация сложных учебных проектов	50
	Предпрофессиональная подготовка	45

Источник: составлено Т.М. Босенко, А.Р. Садыковой, И.В. Левченко.

Table 1

**Indicators of programming proficiency by age groups in international practice**

Age group	Indicator	Proficiency level, %
Elementary School (6–10 years)	Mastery of basic algorithmic skills	85
	Use of visual programming environments	70
	Creating simple programs	65
Middle School (11–15 years)	Mastery of programming languages	75
	Implementation of educational projects	60
	Participation in extracurricular activities	55
High School (16–18 years)	Advanced programming education	65
	Implementation of complex educational projects	50
	Pre-professional training	45

Source: compiled by Timur M. Bosenko, Albina R. Sadykova, Irina V. Levchenko.

Уровень освоения программирования рассчитан как отношение числа школьников, успешно освоивших навык, к общему числу школьников, выраженное в процентах. Методология выявления показателей уровня освоения программирования описана в различных международных источниках, например в работах Manila [16].

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать вывод о постепенном снижении процента уровня освоения программирования с повышением сложности задач и возраста школьников. Наиболее высокие показатели (85 %) наблюдаются при освоении базовых алгоритмических умений в начальной школе, в то время как предпрофессиональная подготовка в старшей школе демонстрирует самый низкий показатель (45 %).

Значения табл. 1 свидетельствуют о высокой эффективности раннего обучения программированию и подтверждают возможность внедрения элементов программирования уже в начальной школе. Значительное снижение показателей уровня освоения программирования, особенно при реализации сложных учебных проектов и предпрофессиональной подготовке, указывает

на необходимость совершенствования методик обучения программированию в средней и старшей школе.

Сравнительный анализ позволил выявить факторы, влияющие на успеваемость школьников по программированию (от 0 до 1, где 1 – максимальное влияние) в различных зарубежных образовательных системах (табл. 2).

Таблица 2

**Факторы успеваемости школьников по программированию в зарубежных образовательных системах**

Группа факторов	Фактор	Корреляция с успеваемостью
Инфраструктурные	Наличие различных сред программирования	0,78
	Доступность сети Интернет	0,72
	Качество учебных материалов	0,69
Методологические	Структурированность в обучении	0,81
	Практическая ориентация	0,76
	Междисциплинарные связи	0,70
Кадровые	Квалификация преподавателей	0,85
	Система повышения квалификации	0,77
	Профессионально-предметные компетенции	0,73

Источник: составлено Т.М. Босенко, А.Р. Садыковой, И.В. Левченко.

Table 2

**Factors of students' achievement in programming in foreign educational systems**

Group of Factors	Factor	Correlation with achievement
Infrastructure	Availability of various programming environments	0.78
	Accessibility of the internet	0.72
	Quality of educational materials	0.69
Methodological	Structured approach in learning	0.81
	Practical orientation	0.76
	Interdisciplinary connections	0.70
Human Resources	Qualification of teachers	0.85
	Professional development system	0.77
	Subject-specific competencies	0.73

Source: compiled by Timur M. Bosenko, Albina R. Sadykova, Irina V. Levchenko.

Значения, отраженные в табл. 2, были получены путем статистической обработки данных (коэффициент корреляции Пирсона при уровне значимости 0,05) на основе международных исследований успеваемости школьников по программированию [2]. Для выявления факторов, влияющих на успеваемость по программированию, использовался комплексный анализ образовательных систем разных стран, включая изучение национальных отчетов об успеваемости, результатов международных олимпиад по программированию и экспертных оценок. Значения коэффициента находятся в диапазоне от 0 до 1, указывая на более сильное влияние фактора на успеваемость школьников при приближении значения к 1 [16].

Результаты корреляционного анализа, представленные в табл. 2, показывают, что наиболее сильное влияние на успеваемость школьников оказывают кадровые факторы, особенно квалификация преподавателей (0,85). Среди ме-

тодологических факторов наибольшее значение имеет структурированность в обучении (0,81), а в группе инфраструктурных факторов – наличие различных сред программирования (0,78).

Полученные результаты свидетельствуют о ключевой роли педагогов в процессе обучения программированию, что подчеркивает важность инвестиций в их подготовку. Проблемным аспектом остается недостаточное внимание к междисциплинарным связям (0,70) и недооценка роли качественных учебных материалов (0,69).

Сравнительный анализ применения языков программирования в разных странах представлен в табл. 3 (процентное соотношение рассчитано от общего числа рассматриваемых стран: 9 стран – 100 %).

Сравнительный анализ применения языков программирования (табл. 3) позволил выявить как общие тенденции, так и национальные особенности стран в обучении школьников программированию. Значимой тенденцией является универсальное признание языков Scratch и Scratch Jr для начальной школы (100 %) и Python для средней и старшей школы (100 %), что следует учитывать при развитии национальных систем образования.

Таблица 3

**Применение языков программирования в международных образовательных системах**

Уровень образования	Языки программирования	Доля от общего числа стран, %	Особенности применения
Начальная школа (6–10 лет)	Scratch, Scratch Jr	100	Базовые алгоритмы
	Code.org	37,5 (Великобритания, Китай, Сингапур)	Основы программирования
	Entry, Visual Coding	25 (Южная Корея, Япония)	Визуальные блоки кода
	App Inventor	12,5 (Сингапур)	Визуальные блоки кода
	Logo	12,5 (Эстония)	Базовые алгоритмы
Средняя школа (11–15 лет)	Python	100	Основной язык обучения
	JavaScript	87,5 (Великобритания, Германия, Китай, Сингапур, США, Эстония, Южная Корея)	Веб-разработка
	HTML/CSS	25 (Великобритания, Эстония)	Веб-технологии
	C++	12,5 (Китай)	Программирование
Старшая школа (16–18 лет)	Java	100	Разработка приложений
	Python	100	Прикладное программирование
	C++	50 (Германия, Китай, США, Япония)	Системное программирование
Специализированные классы	C++, Python	50 (Китай, Сингапур, США, Южная Корея)	Программирование с использованием библиотек алгоритмов
	JavaScript, Python	75	Full-stack разработка
	Python	37,5 (Сингапур, Китай, Южная Корея)	Искусственный интеллект
	Java, C++	37,5 (Германия, США, Япония)	Интернет вещей

Источник: составлено Т.М. Босенко, А.Р. Садыковой, И.В. Левченко.

Table 3

**Application of programming languages in international educational systems**

Level of education	Programming languages	Share of the total countries, %	Application characteristics
Elementary School (6–10 years)	Scratch, Scratch Jr	100	Basic algorithms
	Code.org	37.5 (UK, China, Singapore)	Programming fundamentals
	Entry, Visual Coding	25 (South Korea, Japan)	Visual code blocks
	App Inventor	12.5 (Singapore)	Visual code blocks
	Logo	12.5 (Estonia)	Basic algorithms
Middle School (11–15 years)	Python	100	Main programming language
	JavaScript	87.5 (UK, Germany, China, Singapore, USA, Estonia, South Korea)	Web development
	HTML/CSS	25 (UK, Estonia)	Web technologies
	C++	12.5 (China)	Programming
High School (16–18 years)	Java	100	Application development
	Python	100	Applied programming
	C++	50 (Germany, China, USA, Japan)	System programming
Specialized Classes	C++, Python	50 (China, Singapore, USA, South Korea)	Programming with algorithm libraries
	JavaScript, Python	75	Full-stack development
	Python	37.5 (Singapore, China, South Korea)	Artificial intelligence
	Java, C++	37.5 (Germany, USA, Japan)	Internet of Things (IoT)

Source: compiled by Timur M. Bosenko, Albina R. Sadykova, Irina V. Levchenko.

Заслуживает внимания дифференцированный подход в обучении школьников специализированных классов, где наблюдается практико-ориентированное использование языков программирования в зависимости от специфики направления обучения. Однако стоит отметить ограниченное внедрение в процесс обучения школьников современных технологий, таких как искусственный интеллект/машинное обучение (AI/ML) и интернет вещей (IoT), что может создавать цифровое неравенство между образовательными системами разных стран.

Проведенный анализ международных практик обучения школьников программированию [2; 3] позволил определить четыре группы условий различных приоритетных направлений, влияющих на эффективность обучения школьников.

1. Технологическая инфраструктура:

- интеграция цифровых технологий;
- развитая инфраструктура;
- единая цифровая среда;
- освоение современных цифровых технологий;
- качественные учебные материалы.

2. Индивидуализация обучения:

- учет индивидуальных и возрастных особенностей учащихся;
- гибкость образовательных программ;
- наличие индивидуальных траекторий обучения.

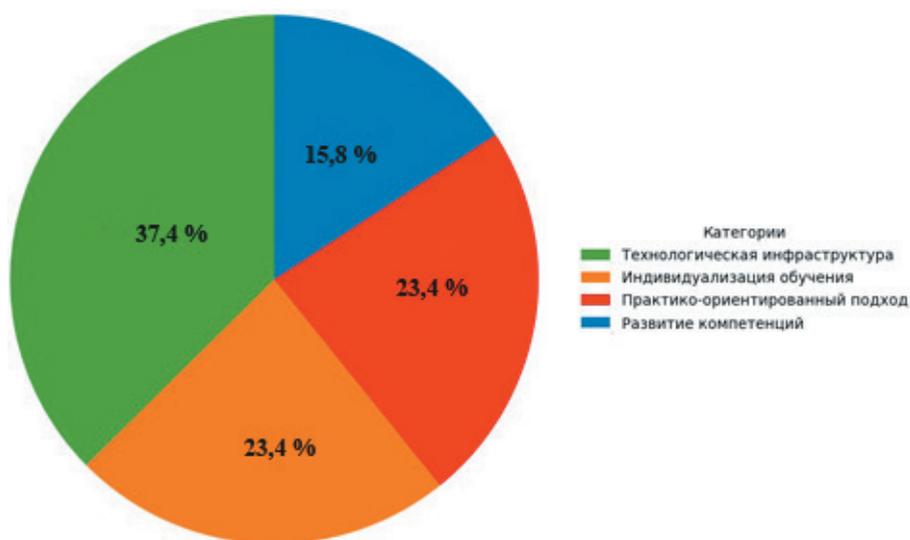
### 3. Практико-ориентированный подход:

- активное внедрение проектной деятельности;
- решение реальных практических задач;
- сотрудничество с IT-индустрией.

### 4. Развитие компетенций педагога:

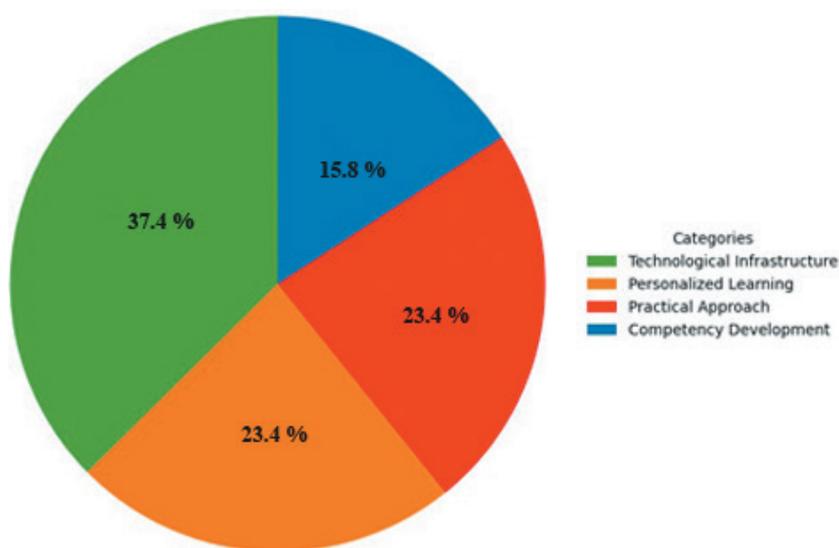
- квалификация педагога;
- систематическое повышение квалификации педагогов;
- развитие профессионально-предметных компетенций.

Анализ структуры приоритетных направлений [2–4; 17] показал следующее распределение значимости факторов (рис.).



Структура приоритетных направлений обучения программированию в международных практиках

Источник: создано Т.М. Босенко.



Structure of priority directions in programming education in international practice

Source: created by Timur M. Bosenko.

Диаграмма (рис.) демонстрирует приоритетность технологической инфраструктуры (37,4 %) в структуре условий успешного обучения программированию школьников за рубежом, а внимание к развитию компетенций педагогов остается значительно низким (15,8 %), что негативно отражается на образовательных результатах.

Сбалансированное распределение внимания между индивидуализацией обучения и практико-ориентированным подходом (по 23,4 % каждый) свидетельствует о комплексном понимании значений этих условий для эффективной системы обучения программированию в зарубежных школах.

Исследование показало, что страны, лидирующие в области цифровой трансформации образования, уделяют внимание интеграции современных технологий в образовательный процесс при сохранении баланса между технологическими и педагогическими аспектами.

Таким образом, проведенный анализ международного опыта позволяет не только выявить значимые аспекты обучения программированию, но и оценить целесообразность их учета в системе российского образования школьников. Определить направления развития методики обучения программированию в школах, учитывающих как глобальные мировые тенденции, так и специфические особенности различных образовательных систем.

**Заключение.** Практики обучения программированию в различных странах мира отражают многоуровневый подход к процессу обучения – от формирования базовых навыков до углубленного изучения программирования и работы с реальными объектами. К важным аспектам можно отнести последовательность и преемственность в обучении от использования визуальных сред в начальной школе до профессиональных инструментов в старшей школе. Это обеспечивает баланс между технологическими и педагогическими аспектами обучения программированию.

Однако это требует высокой квалификации педагогов и тесного взаимодействия с IT-индустрией, что не всегда достижимо. В связи с этим вопрос подготовки кадров соответствующего уровня является очень важным, особую роль играет их предметная подготовка в области программирования. Несомненно, это прерогатива педагогических вузов, выпускники которых должны не только освоить определенную предметную область, но и быть готовыми к организации обучающей, развивающей и воспитывающей деятельности школьников.

Обучение программированию является комплексным процессом, требующим системного подхода и учета множества факторов в условиях технологизации современного общества. Исследование показало, что наиболее успешные образовательные системы характеризуются сбалансированным развитием всех компонентов: инфраструктурного, методологического и кадрового. Гибкость существующих практик позволяет адаптировать их к конкретным условиям различных образовательных систем.

Сравнительный анализ международного опыта выявил три основные модели организации обучения программированию: интегрированную, специализированную и гибридную. Каждая модель имеет свои преимущества и мо-

жет быть эффективна при условии учета национальной специфики и уровня развития образовательной системы.

Проведенный сравнительный анализ показал как сильные, так и слабые стороны различных практик обучения школьников программированию. К положительным аспектам современных методик обучения программированию можно отнести их гибкость и ориентацию на практику с решением реальных задач. Проблемными аспектами остаются недостаточная подготовка педагогических кадров, неравномерное развитие инфраструктуры и отставание содержания обучения программированию от темпов развития соответствующих технологий.

Перспективы развития практик обучения школьников программированию связаны с внедрением в образовательный процесс технологий искусственного интеллекта, развитием виртуальных образовательных сред и совершенствованием методик оценки сформированных умений и навыков.

### Список литературы / References

- [1] Huang S, Liu C, Xu Y. A Comparative study on programming education – based on China and America. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*. 2023;15: 220–231. <https://doi.org/10.54097/ehss.v15i.9272>
- [2] Lee I, Grover S, Martin F, Pillai S, Malyn-Smith J. Computational thinking from a disciplinary perspective: integrating computational thinking in K-12 science, technology, engineering, and mathematics education. *Journal of Science Education and Technology*. 2019;29(1):1–8. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09803-w>
- [3] Lindberg R, Laine T, Haaranen L. Gamifying programming education in K-12: a review of programming curricula in seven countries and programming games. *British Journal of Educational Technology*. 2019;50(4):1979–1995. <https://doi.org/10.1111/bjet.12685>
- [4] Waite J, Curzon P, Marsh W, Sentance S. Difficulties with design: the challenges of teaching design in K-5 programming. *Computers and Education*. 2020;150:103838. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103838> EDN: WTWMDG
- [5] Pasternak A, Hellmig L, Röhner G. Standards for higher secondary education for computer science in Germany. In: Pozdniakov SN, Dangiené V. (eds.) *Informatics in Schools. Fundamentals of Computer Science and Software Engineering: 11<sup>th</sup> International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives, ISSEP 2018, 10–12 October 2018, St. Petersburg, Russia*. Cham: Springer; 2018. p. 103–114. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02750-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02750-6_9)
- [6] Sianturi M, Lee J, Cumming T. Using technology to facilitate partnerships between schools and Indigenous parents: a narrative review. *Education and Information Technologie*. 2023;28(5):6141–6164. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11427-4> EDN: PQDDTJ
- [7] Seow P, Looi CK, How ML, Wadhwa B, Wu LK. Educational policy and implementation of computational thinking and programming: case study of Singapore. In: Kong S-Ch, Abelson H. (eds.) *Computational Thinking Education*. Singapore: Springer; 2019. p. 337–345. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_19)
- [8] McGill M, Reinking A. Early findings on the impacts of developing evidence-based practice briefs on middle school computer science teachers. *ACM Transactions on Computing Education*. 2022;22(4):1–29. <https://doi.org/10.1145/3543512>
- [9] Korhonen T, Salo L, Laakso N, Seitamaa A., Sormunen K, Kukkonen M, Maanonen H. Finnish teachers as adopters of educational innovation: perceptions of programming as

- a new part of the curriculum. *Computer Science Education*. 2022;33(1):94–116. <https://doi.org/10.1080/08993408.2022.2095595> EDN: CGXTDF
- [10] Pata K, Tammets K, Vyaljataga T, Kori K, Laanpere M, Rybtsenkov R. The patterns of school improvement in digitally innovative schools. *Technology, Knowledge and Learning*. 2022;27(3):823–841. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09514-5> EDN: IWIAQM
- [11] Kim K, Koo D, Kim Se, et al. Development a standard curriculum model of next-generation software education. *Journal of The Korean Association of Information Education*. 2020;24(4):337–367. <https://doi.org/10.14352/jkaie.2020.24.4.337> EDN: APFRJS
- [12] Yamanaka Sh, Suzuki K. Japanese education reform towards twenty-first century education. In: Reimers FM. (ed.) *Audacious Education Purposes*. Cham: Springer; 2020. p. 81–103. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41882-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41882-3_4)
- [13] Barhatova DA, Lomasko PS, Pak NI. Smart environment model for training future informatics teachers in programming under network cluster-distributed integration. *Informatics and Education*. 2018;(8):11–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2018-33-8-11-19> EDN: YNHKJF  
*Бархатова Д.А., Ломаско П.С., Пак Н.И.* Модель смарт-среды для подготовки будущих учителей информатики в области программирования в условиях сетевой кластерно-распределенной интеграции // Информатика и образование. 2018. № 8(297). С. 11–19. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2018-33-8-11-19> EDN: YNHKJF
- [14] Cheng M. An overview of STEM education in Asia. In: Cheng M, Bunting C, Jones A. (eds.) *Concepts and Practices of STEM Education in Asia*. Singapore: Springer; 2022. p. 1–15. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-2596-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-2596-2_1)
- [15] Zhang W, Zeng X, Wang J, Ming D, Li P. An analysis of learners programming skills through data mining. *Education and Information Technologies*. 2022;27(8):11615–11633. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11079-4> EDN: ADQHDQ
- [16] Mannila L, Dagiene V, Demo B, Grgurina N, Mirolo C, Rolandsson L, Settle A. Computational thinking in K-9 education. In: Clear A, Lister R. (eds.) *ITiCSE-WGR '14: Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference, 23–25 June 2014, Uppsala, Sweden*. New York: Association for Computing Machinery; 2014. p. 1–29. <https://doi.org/10.1145/2713609.2713610>
- [17] Kong S, Lai M, Sun D. Teacher development in computational thinking: design and learning outcomes of programming concepts, practices and pedagogy. *Computers & Education*. 2020;151:103872. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103872>

### Сведения об авторах:

*Босенко Тимур Муртазович*, доцент департамента информатики, управления и технологий, Институт цифрового образования, Московский городской педагогический университет, Российская Федерация, 129594, Москва, ул. Шереметьевская, д. 28. ORCID: 0000-0002-5375-096X; SPIN-код: 7117-2458. E-mail: bosenkotm@mgpu.ru

*Садыкова Альбина Рифовна*, профессор департамента информатики, управления и технологий, Институт цифрового образования, Московский городской педагогический университет, Российская Федерация, 129594, Москва, ул. Шереметьевская, д. 28. ORCID: 0000-0002-1413-200X; SPIN-код: 7107-7576. E-mail: sadykovaar@mgpu.ru

*Левченко Ирина Витальевна*, доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики обучения математике и информатике, Институт математики и информатики, Московский педагогический государственный университет, Российская Федерация, 107140, Москва, ул. Краснопрудная, д. 14, стр. 1. ORCID: 0000-0002-1388-4269; SPIN-код: 8484-7769. E-mail: iv.levchenko@mpgu.su

**Bio notes:**

*Timur M. Bosenko*, Associate Professor of the Department of IT, Management and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University, 28 Sheremetyevskaya St, Moscow, 129594, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-5375-096X; SPIN-code: 7117-2458. E-mail: bosenkotm@mgpu.ru

*Albina R. Sadykova*, Professor of the Department of Informatics, Management and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University, 28 Sheremetyevskaya St, Moscow, 129594, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1413-200X; SPIN-code: 7107-7576. E-mail: sadykovaar@mgpu.ru

*Irina V. Levchenko*, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Theory and Methods of Teaching Mathematics and Informatics, Institute of Mathematics and Informatics, Moscow Pedagogical State University, 14 Krasnoprudnaya St, bldg 1; Moscow, 107140, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1388-4269; SPIN-code: 8484-7769. E-mail: iv.levchenko@mpgu.su