

## **ПРЕПОДАВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ МИРЕРА**

**А. Г. Леонов**<sup>[0000-0001-9622-1526]</sup>

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва;  
Федеральный научный центр научно-исследовательский институт системных  
исследований российской академии наук (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН), г. Москва;  
Московский педагогический государственный университет, г. Москва;  
Государственный университет управления, г. Москва.*

dr.l@vip.niisi.ru

### ***Аннотация***

Изложен опыт цифровой трансформации математических дисциплин на базе авторской цифровой образовательной платформы (ЦОП) Мирера. ЦОП Мирера оптимизирована на российскую систему организации высшего образования, ориентирована на разработку и проведение курсов, в которых сочетаются онлайн- и оффлайн-технологии проведения учебного процесса. ЦОП Мирера предоставляет авторам курсов инструменты разработки компьютеризированных курсов с автоматизированной проверкой правильности и самостоятельности выполненных обучаемыми текущих и контрольных заданий с помощью методов искусственного интеллекта. В платформу встроены различные оригинальные типы тестов, поддерживающие как в описании задач, так и в вариантах ответов, контент в различных форматах, включая формульные фрагменты в TeX-нотации, последовательности элементов (для автоматизированной проверки знания студентом структуры доказательства теорем курса или схем решения типовых задач), смысловой анализ текстовых ответов и т. п.

***Ключевые слова:*** адаптивное обучение, цифровая образовательная платформа, ЦОП Мирера, программирование, web-приложения.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Третье десятилетие 21-го века сопровождается революционными изменениями в образовании от детского сада до вуза. Так, в США планируется к 12-летнему образованию добавить еще два года дошкольного и два года учебы по окончании школы [1]. Цифровой мир требует включения в базовый набор компетенций дошкольников элементов алгоритмики, без которых немыслимо успешное развитие человека в современном обществе [2]. Российские политики и ученые нацеливают педагогическую общественность на понижение возраста, в котором дети впервые знакомятся с основными понятиями последовательного программирования [3–5].

В начале второго десятилетия 21-го века как элемент дистанционного образования стали появляться и, в дальнейшем, получили широкое распространение так называемые MOOK–системы, или массовые открытые онлайн-курсы. MOOK позволили широкому кругу людей проходить цифровые курсы вне зависимости от нахождения слушателей, в удобном временном режиме. Тем самым была совершена попытка поднять образовательный уровень населения стран, что давало надежду на сохранения минимального уровня образовательного процесса в эпоху пандемии Ковид-19. Цифровая трансформация предметов – это сложный и затратный процесс, поскольку сводится не только к оцифровке лекционного материала, а предполагает создание курса на новых инновационных принципах, с электронными учебниками, цифровыми помощниками преподавателя – тематическими ботами по предметам, автоматической проверкой студенческих заданий, использованием социальных сетей и мессенджеров для коллаборации преподавателей, работающих над курсом и контактах со студентами во внеаудиторное время, переводящий образовательный процесс в непрерываемый форме, когда педагог доступен слушателю 24 часа 7 дней в неделю при гибридном, очном или полностью дистанционном форматах курса.

## **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Процесс цифровой трансформации курсов должен учитывать современную оснащенность студентов и школьников цифровыми коммуникационными устройствами – гаджетами, возможность легкого доступа к информационным материа-

лам и различным интернет-ресурсам, нахождение обучаемых в постоянном информационном шуме, когда студенту и школьнику трудно заставить себя погрузиться на долгое время в активный образовательный процесс, не отрекаясь на игры, социальные сети, интернет-общение и пр. При этом традиционные формы подачи материала в лекционно-семинарской системе уже не имеют такой высокой эффективности как в прежние годы. Так, сформированное клиповое мышление не позволяет обучаемому вдумчиво осваивать материал в течение даже относительно непродолжительного времени лекции или семинара. Классические способы контроля выполненных заданий, например, в математических дисциплинах, сталкиваются со сложностью оценки, так как многие такие задачи могут быть решены студентами при помощи интернет-ресурсов. Такой ресурс как система Mathematica (<https://www.wolfram.com/mathematica/>) предоставляет не только преподавателю, но и студенту весь спектр технических средств для решения широкого круга математических задач в облаке через любой веб-браузер [6]. Педагогу достаточно сложно оценить самостоятельность решения задач студентом, так как формально ответ и решение являются верными, но полностью заимствованы из системы Mathematica.

Кроме того, педагог не может предложить студентам выполнять большое количество заданий, так как сам физически не сможет качественно провести их проверку. Таким образом, преподаватель поставлен перед выбором либо выдавать сложные задания обучаемым, но качественно проверять их выполнение, либо большое количество более простых задач, проверить которые просто невозможно. Проблема сложных или проектных заданий практически отрезает широкую группу немотивированных студентов от успешного изучения предметов, так как, не имея возможности (и желания) самостоятельно изучать материалы курса, такие студенты ставят во главу угла лишь успеваемость, а не знания, заимствуя подготовленные решения у других студентов или из интернета для сложных заданий.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Задача освободить педагога от рутинной деятельности по проверке заданий ставилась и решалась еще в прошлом веке. Так, цифровая образовательная среда (ЦОС) КуМир [7], созданная для поддержки изучения школьного предмета

«Информатика и ИКТ», имела встроенную автоматическую проверку выполняемых заданий и успешно используется в школах России и в настоящее время. Для вузов, несколько лет назад специалистами ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН и МГУ им. М.В. Ломоносова была спроектирована и разработана цифровая образовательная платформа (ЦОП) Мирера [8], в которой авторы поставили себе цель обеспечить преподавателей инструментом автоматической проверки студенческих заданий и контроля успеваемости по широкому кругу дисциплин в рамках цифровой трансформации образования.

В настоящее время ЦОП Мирера проходит успешное апробирование в нескольких университетах и учебных центрах России. Эффективность решений, принятых в ЦОП Мирера, доказана на мехмате МГУ на примере преподавания программирования и спецкурсов по математическим дисциплинам.

ЦОП Мирера поддерживает хранение индивидуального цифрового следа учащихся с подробной аналитикой, имеет встроенную систему видеоконференций с возможностью записи и автоматической публикации лекций, использует безопасное хранение всех материалов курсов и результатов работы студентов на территории России, предоставляет интеллектуальные инструменты для быстрого создания любого образовательного контента, а также авторскую систему антиплагиата для заданий различного типа с возможностью обнаружения цепочек списывания и выделением заимствованных участков решений.

Для студентов в ЦОП Мирера предоставлены омниканальный доступ (можно использовать как компьютер, так и мобильное устройство), контролируемое индивидуальное расписание и достижения студента, включая оповещения, помощь от интеллектуальных ботов, коммуникацию с педагогом в реальном времени выполнения задания, уведомления в VK и Telegram, легкий доступ ко всем материалам курса, участие в видеоконференциях и многое другое. При этом студентам нет необходимости устанавливать себе на компьютер дополнительное программное обеспечение.

Контроль выполнения заданий и всего образовательного процесса организован без использования методов прокторинга. Преподавателю предоставлена возможность наблюдать за процессом решения у студентов онлайн без использования камеры. Для выполнения контрольных работ и рубежных испытаний имеются режимы работы, исключаяющие загрузку решений, копирование через

буфер обмена, потерю фокуса окна браузера и т. п.

Благодаря большому набору декомпозированных заданий каждый студент за курс самостоятельно решает, как минимум, несколько сотен задач, что позволяет использовать накопленный цифровой след, как для построения динамических образовательных траекторий, так и для предсказания успешности прохождения курса обучаемым, по результатам усвоения даже небольшой части материала [9].

Для математических дисциплин можно использовать стандартные наборы тестов, включающие ввод ответа с погрешностью, нахождение связей между элементами (в том числе сопоставление одному элементу нескольких) и проверку правильности определений по смыслу.

Встроенный редактор в ЦОП Мирера позволяет не только настраивать стили текста, добавлять изображения, видео, примеры программного кода, но и вставлять математические формулы в LaTeX.

**Arden's Theorem** 0/0.7

**Construct a regular expression**

In order to find out a regular expression of a DFA, use Arden's Theorem along with the properties of regular expressions:

Let  $P$  and  $Q$  be two regular expressions. If  $P$  does not contain null string, then  $R = Q + RP$  has a unique solution that is  $R = QP^*$

Construct a regular expression corresponding to the automation given below

*(DFA Diagram: States S, B, A. S is start state. S has self-loop 'b' and transition to B on 'a'. B has self-loop 'b' and transition to A on 'a'. A is final state with self-loop 'a,b'.)*

**Расставьте элементы в нужном порядке**

- $S = Sb + \lambda$
- $B = Sa + Bb$   
 $A = Ba + Aa + Ab$
- $S = \lambda b^* = b^*$
- $B = Sa + Bb = b^*a + Bb = b^*ab^*$
- The regular expression is  $b^*ab^*$

Отправить Осталось попыток: 1

**Лишние элементы**

- The regular expression is  $b^*(ab)^*$
- $B = Sa + Bb = ba + Bb = bab^*$

Рисунок 1. Проверка знания структуры доказательств теорем и решений задач, исключая ложные элементы, в ЦОП Мирера

Проверку знания структуры доказательств теорем и решений задач можно проводить, предлагая обучаемому готовые части доказательства (решения), которые необходимо расставить в правильном порядке, исключив ложные элементы (Рис. 1).

Задания на численные методы предлагают составить простейшие программы на Python, как наиболее функциональном языке для простейших вычислительных задач (Рис. 2).

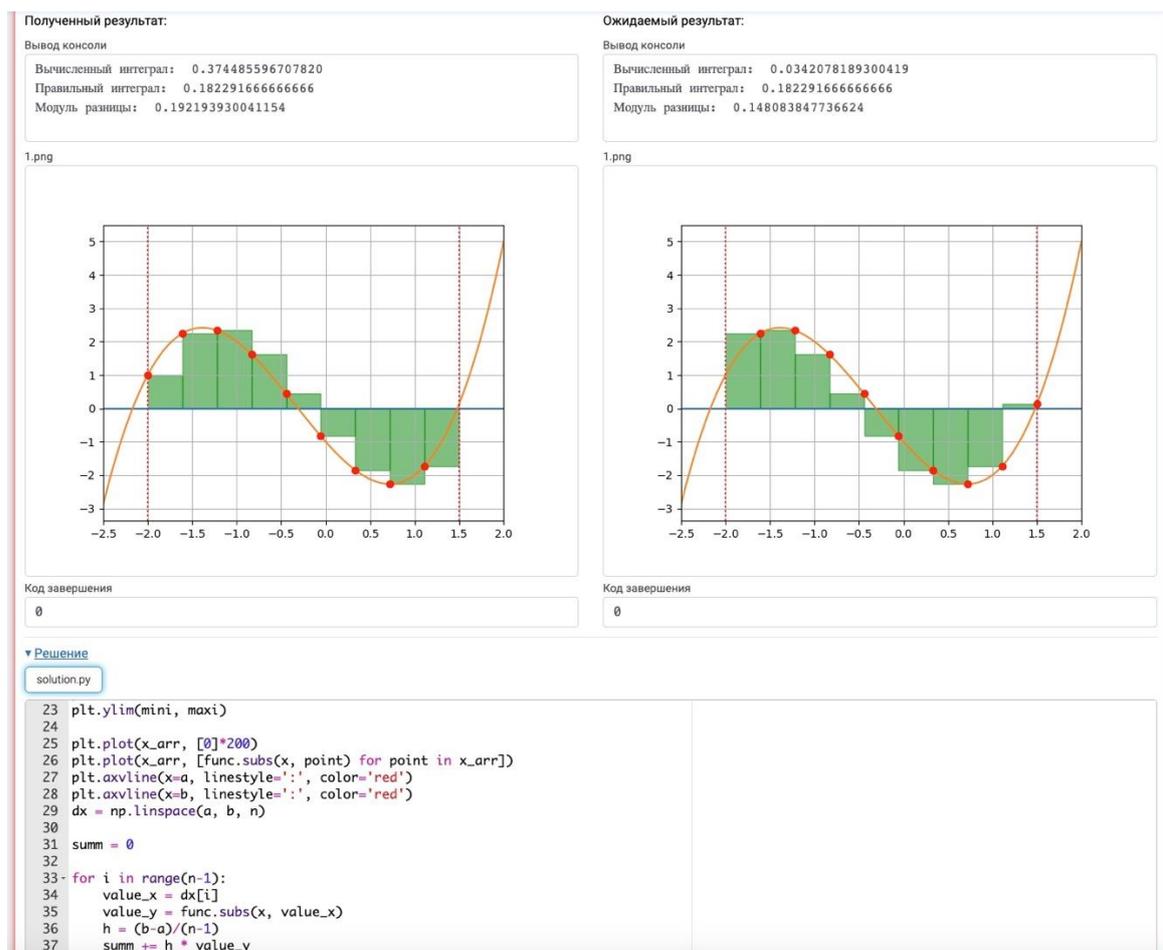


Рисунок 2. Задание на численные методы с использованием элементов программирования на Python в ЦОП Мирера

Для знакомства с математическими пакетами используются программные библиотеки Python символьной математики – SymPy, которая по сути является полноценной системой компьютерной алгебры, сравнимая по функционалу с Mathematica (Рис. 3).

1 2 3 4

Входные данные:

Ввод из консоли

```
75 * (x/4)**3 * (1-4*(x/4)**2)* exp(-5*(x/4)**2)
```

Полученный результат:

Вывод консоли

1.png

Особая точка:  
1

Предел слева:  
 $\infty$

Предел справа:  
 $\infty$

Предел в плюс бесконечности:  
 $\infty$

Предел в минус бесконечности:  
 $-\infty$

Код завершения

0

▼ Решение

solution.py

```
1 import sympy
2 from sympy import symbols
3 from sympy import sqrt, exp, cos, sin, log
4
5 def print_latex(expr):
6     print("$", sympy.latex(expr), "$")
7
8 from sympy import oo
9
10 x = symbols('x')
11
```

Рисунок 3. Задание на исследование функции с использованием пакета SymPy в ЦОП Мирера

Актuarная математика в ЦОС Мирера использует авторский встроенный модуль электронных таблиц, аналогичный MS Excell.

## ВЫВОДЫ

На основании апробации ЦОП Мирера можно прийти к следующим выводам:

- Курсы в вузе и школе должны быть составлены с максимальным числом практических заданий различной сложности;
- Проверку заданий нужно проводить автоматически, оставляя за педагогом финальную оценку выполненной работы;
- Использование тестирования может быть дополнено вариантом тестов, когда обучаемый должен указать весь процесс решения, а не только ответ; подобный подход требует понимания решения (доказательства) и крайне труден для заимствования;

- ИИ и нейросетевые технологии позволяют анализировать решение и ответы студентов, предсказывать успешность прохождения курса обучаемым;
- Во многих случаях математические дисциплины могут читаться с элементами программирования, с использованием различных математических пакетов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

ЦОП Мирера позволяет интегрировать практически любые цифровые образовательные среды, такие как, например, ЦОС ПиктоМир, ПиктоМир К [10], созданные для преемственности программирования в школе и вузе. При этом интеграция не сводится только к учету достижений учащихся в ЦОП Мирера, а предоставляет ученикам полноценный доступ к материалам и заданиям в рамках системы и, дополнительно, проверяет все задания, выполненные ими в цифровой среде.

Такой подход интеграции в единый методический комплекс [11] позволяет студентам и школьникам показывать высокую успеваемость по изучаемому предмету.

## **Благодарности**

Работа выполнена в рамках госзадания FNEF-2022-0010 «Разработка, реализация и внедрение семейства интегрированных многоязыковых сред программирования с автоматизированной проверкой заданий для учащихся образовательных организаций, ДОО, младшей, основной и старшей школы и студентов педагогических университетов», этап 2023 года.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. FACT SHEET: The American Families Plan APRIL 28, 2021, BRIEFING ROOM, THE WHITE HOUSE. URL: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/28/fact-sheet-the-american-families-plan/> [Дата обращения 01.03.2023]
2. *Richtel Matt*. Reading, Writing, Arithmetic, and Lately, Coding // New York Times, 2014. URL: <https://www.nytimes.com/2014/05/11/us/reading-writing-arithmetic-and-lately-coding.html> [Дата обращения 01.03.2023]

3. Материалы ТАСС, 8 декабря 2018, XVIII съезд «Единой России»: «Глава профильного комитета Думы считает нужным ввести информатику в дошкольную программу». URL: <https://tass.ru/obschestvo/5888487> [Дата обращения 01.03.2023]

4. *Betelin V.B., Kushnirenko A.G., Leonov A.G.* Basic programming concepts for preschoolers // *Informatika i ee Primeneniya – Inform. Appl.* 2020. V. 14(3). P. 56–62.

5. *Betelin V.B., Kushnirenko A.G., Semenov A.L., Soprunov S.F.* About greate ideas of digital literacy and the environment of its formation // *Informatika i ee prime-neniya – Inform. Appl.* 2020. V. 14 (4). P. 100–107.

6. *Wolfram S.* We've Come a Long Way in 30 Years (But You Haven't Seen Anything Yet!) retrieved June 21, 2012

URL: <https://writings.stephenwolfram.com/2018/06/weve-come-a-long-way-in-30-years-but-you-havent-seen-anything-yet/> [1.03.2023]

7. Стартовая страница проекта «КуМир» на сайте ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. URL: <https://www.niisi.ru/kumir/> [Дата обращения 01.03.2023]

8. Стартовая страница ЦОП «Мирера». URL: <https://www.mirera.ru/> [Дата обращения 01.03.2023]

9. *Leonov A.G., Matyushin M.A., Dyachenko M.S.* Neural Networks for a Priori Estimates of the Student Outcomes in Mirera // *Lecture Notes in Civil Engineering.* 2022. V. 210. P. 475–486.

10. Стартовая страница проекта «ПиктоМир» на сайте ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. URL: <https://www.niisi.ru/piktomir/> [Дата обращения 01.03.2023]

11. *Леонов А.Г., Орловский А.Е.* Методы интеграции цифровых образовательных сред в цифровую образовательную платформу Мирера // *Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты.* 2021. Т. 11, № 3. С. 59–65.

---

## TEACHING MATHEMATICAL DISCIPLINES USING THE MIRERA DIGITAL EDUCATIONAL PLATFORM

Alexander Leonov<sup>[0000-0001-9622-1526]</sup>

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,  
Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia,  
Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia,  
State University of Management, Moscow, Russia*

dr.l@vip.niisi.ru

### **Abstract**

The article describes the experience of digital transformation of mathematical disciplines based on author's digital educational platform Mirera. The Mirera DEP is optimized for the Russian system of organization of higher education, focused on the development and delivery of courses that combine online and offline technologies for conducting the educational process. The Mirera DEP provides course authors with tools for developing computerized courses with automated verification of the correctness and independence of current and control tasks performed by students using artificial intelligence methods. Various original types of tests are built into the platform, supporting both in the description of tasks and in answer options, content in various formats, including TeX, sequences of elements (for automated testing of student knowledge of the structure of proof of course theorems or schemes for solving typical problems), semantic analysis of text responses, etc.

**Keywords:** *adaptive learning, DEP Mirera, digital educational platform, programming, web applications.*

### **REFERENCES**

1. FACT SHEET: The American Families Plan APRIL 28, 2021, BRIEFING ROOM, THE WHITE HOUSE. URL: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/04/28/fact-sheet-the-american-families-plan/> [01.03.2023]

2. *Richtel Matt*. Reading, Writing, Arithmetic, and Lately, Coding // New York Times, 2014. URL: <https://www.nytimes.com/2014/05/11/us/reading-writing-arithmetic-and-lately-coding.html> [01.03.2023]

3. Materialy TASS, 8 dekabrya 2018, XVIII s"ezd «Edinoj Rossii»: «Glava profil'nogo komiteta Dumy schitaet nuzhnym vvesti informatiku v doskol'nyuyu programmu». URL: <https://tass.ru/obschestvo/5888487> [01.03.2023]

4. *Betelin V.B., Kushnirenko A.G., Leonov A.G.* Basic programming concepts for preschoolers. *Informatika i ee Primeneniya – Inform. Appl.* 2020. V. 14(3). P. 56–62.

5. *Betelin V.B., Kushnirenko A.G., Semenov A.L., Soprunov S.F.* About greater ideas of digital literacy and the environment of its formation // *Informatika i ee primeniya – Inform. Appl.* 2020. V. 14(4). P. 100–107.

6. *Wolfram S.* We've Come a Long Way in 30 Years (But You Haven't Seen Anything Yet!) retrieved June 21, 2012

URL: <https://writings.stephenwolfram.com/2018/06/weve-come-a-long-way-in-30-years-but-you-havent-seen-anything-yet/> [1.03.2023]

7. Startovaya stranica proekta «KuMir» na sajte FGU FNC NIISI RAN. URL: <https://www.niisi.ru/kumir/> [01.03.2023]

8. Startovaya stranica COP «Mirera». URL: <https://www.mirera.ru/> [01.03.2023]

9. *Leonov A.G., Matyushin M.A., Dyachenko M.S.* Neural Networks for a Priori Estimates of the Student Outcomes in Mirera // *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022. V. 210. P. 475–486.

10. Startovaya stranica proekta «PiktoMir» na sajte FGU FNC NIISI RAN. URL: <https://www.niisi.ru/piktomir/> [01.03.2023]

11. *Leonov A.G., Orlovskij A.E.* Metody integracii cifrovyyh obrazova-tel'nyh sred v cifrovuyu obrazovatel'nyuyu platformu Mirera // *Trudy NIISI RAN. Matematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie slozhnyh sistem: teoreticheskie i prikladnye aspekty*. 2021. T. 11, № 3. S. 59–65.

---

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



**ЛЕОНОВ Александр Георгиевич** – заведующий кафедрой ДПО ФНЦ НИИСИ РАН, ведущий научный сотрудник механико-математического факультета МГУ, профессор Института детства МПГУ, институт информационных систем ГУУ, член совета Всероссийской общественной организации содействия развитию профессиональной сферы дошкольного образования «Воспитатели России», г.Москва.

**Alexander LEONOV** – Head of the Department of Additional Professional Education of the Federal Scientific Center SRISA RAS, Leading Researcher of the Faculty of Mechanics and Mathematics of Moscow State University, Professor of the Institute of Childhood of Moscow State University, Institute of Information Systems of the State University of Management, Member of the Board of the All-Russian public organization for the promotion of the development of the professional sphere of preschool education "Educators of Russia", Moscow.

email: dr.l@math.msu.su

ORCID: 0000-0001-9622-1526

*Материал поступил в редакцию 2 марта 2023 года*