

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И МАТЕМАТИКА — ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

DIGITALIZATION AND MATHEMATICS IN THE PEDAGOGICAL ASPECT

Гейн Александр Георгиевич Aleksandr Georgievich Gein

доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики

a.g.geyn@urfu.ru, 9222077106

Институт естественных наук и математики
Уральского федерального университета имени
первого Президента России Б. Н. Ельцина

Ural Federal University named
after the first President of Russia
B.N. Yeltsin, Russia, Yekaterinburg

Аннотация. *Анализируются методические проблемы использования цифровых технологий в фундаментальной математической подготовке студентов инженерно-технических специальностей. Особо рассматривается подготовка студентов ИТ-специальностей как будущих разработчиков высокой квалификации. Для решения этих проблем предложена методика использования подходов в парадигме смешанного обучения с использованием компьютерных платформ, сочетающих on-line и off-line подходы.*

Ключевые слова: *цифровые технологии, смешанное образование, методика цифрового образования*

Abstract. *We consider methodological problems of using digital technologies in the fundamental mathematical training of students of engineering and technical specialties. Particular attention is paid to the preparation of students of IT specialties as future developers of high qualification. To solve these problems, a technique is proposed for using approaches in the blended learning paradigm using computer platforms that combine on-line and off-line approaches.*

Keywords: *digital technologies, blended education, digital education methodology*

Использование цифровых технологий в образовании — одна из пиковых тем нынешней педагогики во всех сферах образования. Спектр обсуждаемых проблем в высшей степени разнообразен. Это и собственно цифровые средства и ресурсы, это и методика их использования, это и организационные особенности, включая такие вопросы, как те или иные барьеры, имеющиеся сегодня у преподавателей и обучающихся в использовании цифровых технологий

в обучении (см. например, [1]). Даже ограничиваясь общей методикой преподавания, можно констатировать очень разноплановые суждения о цифровизации учебного процесса, временами противоречащие друг другу. Эта констатация достаточно аргументирована в [2], и мы не будем воспроизводить её здесь, хотя общий вывод, сделанный в указанной статье, можно считать весьма неутешительным: «Что имеется в виду сейчас, когда речь идет о цифровом обучении?»

Это вебинары; красиво оформленные тексты на сайте; синхронные онлайн лекции; записи лекций, вебинаров, уроков, тренингов; видеоуроки в Youtube; подкасты; сбор «больших» данных (для контроля присутствия, отчетов, санкций и т. д.). Педагогическая практика в большинстве случаев разворачивается на уровне улучшения традиционных педагогических инструментов». Более того, в [3], с. 30, на основе проведенных исследований отмечено, что «попытки усиленно внедрять ЦТ (цифровые технологии — А. Г.) в работу учителя могут привести к снижению уровня знаний учащихся». Как тут не вспомнить М. Е. Салтыкова-Щедрина: «Просвещение внедрять с умеренностью, по возможности избегая кровопролития», заменив «просвещение» на «цифровое образование». Отметим, в связи с этим, что в ряде вузов прямо установлены нормативы внедрения on-line курсов и других цифровых технологий в учебный процесс.

При всей важности указанной выше педагогической проблематики цифровизации, информатизации, компьютеризации образовательного процесса мы хотим остановиться на аспекте, который пока почти не затронут в этом проблемном поле, возможно потому, что он относится к частной методике преподавания математики. Вспомним середину прошлого века, когда инженер, не умеющий пользоваться логарифмической линейкой, вряд ли считался полноценным. Вычисления с помощью логарифмической линейки входили в программу общеобразовательной школы, хотя едва ли эти навыки нужны были будущим филологам, историкам, искусствоведам и другим гуманитариям. С появлением калькуляторов эта тема ушла, хотя допуск калькуляторов в школьную математику сильно дискутировался. Было мнение, что учащиеся потеряют чувство числа. Этот эффект мы действительно наблюдаем: нынешняя молодежь и даже среднее поколение с трудом могут прикинуть, каким будет результат произведения двух трёхзначных чисел, не говоря уже о действиях с дробями. Даже цифровизация на бытовом уровне приводит к существенным сдвигам в понимании числовых связей. Недавно один из школьников, начавший изучать язык Python, не смог решить задачу «Сколько он должен получить сдачи со 100 рублей, если он купил 1,5 кг картошки по 30 рублей за килограмм». Оказа-

лось, что у него нет проблемы написать код, но он не знает, что такое «сдача», поскольку расплачивается исключительно картой. Вот более приближенный к образовательной сфере пример. Переход к ЕГЭ по информатики в компьютерную форму привёл к тому, что многие задания перестали давать эффект контроля знаний. Это довольно вычурные задания на системы счисления, комбинаторику, игровые стратегии, поскольку теперь проще написать программу, перебирающую все возможные варианты и отбирающую из них те, которые удовлетворяют условию задачи. Мы не обсуждаем здесь, хорошо это или плохо, а констатируем, что значительная часть математического аппарата, ранее востребованная для решения подобных задач, ушла. Мы видим в этом некую тенденцию изменения роли вычислительных методов в математическом образовании. Действительно ли в школьном курсе математики нужно столько времени уделять иногда весьма искусственным методам решения тригонометрических и логарифмических уравнений? Сейчас, кроме узкого круга математиков-теоретиков, это не востребовано. Кроме того, в рамках школьного курса эти приёмы весьма алгоритмизированы, и, соответственно, имеются цифровые ресурсы, прекрасно справляющиеся с такими задачами. По существу здесь аналогия с тем, можно ли разрешить применять калькуляторы вместо умножения столбиком. По достаточно распространённому мнению (и его справедливость мы не отрицаем), такие задачи способствуют более глубокому пониманию тригонометрических функций и логарифмов. А ещё они нужны для задач ЕГЭ по математике.

Мы не призываем к немедленному реформированию курса школьной математики, поскольку, во-первых, любая реформа в образовании должна быть хорошо продумана (ломать — не строить), а во-вторых, школьная математика тесно увязана с вузовской математикой в инженерно-техническом образовании. Как изучали логарифмическую линейку в школе, чтобы не учить её использованию в техническом вузе, здесь тоже надо исходить из существующей системы преподавания математики в высшей школе. И общим здесь для общеобразовательной и высшей школы является значительная демотивация изучения математики. Какие бы

заклинания преподаватели ни говорили, что знания преподаваемого курса в будущем пригодятся, студенты на младших курсах в большинстве своём относятся к математическим дисциплинам по принципу «выучил — сдал — забыл».

Разумеется, проблема преодоления демотивации к изучению математических дисциплин осознаётся многими, и ей посвящены немало работ. Одной из последних по времени появления в печати является [4]. Основу для решения проблемы авторы видят в предложении студентам задач, сюжетно связанных с будущей профессией. Само по себе это, хотя и давно известное, вполне продуктивное предложение. Вот пример задачи, представленной в этой статье (с. 146).

«Условие: Приготавливается кислый гудрон «Парекс», состоящий из четырех компонентов (сульфоокислоты SO_3H , серной кислоты H_2SO_4 , масла ароматических и нефтенпарафиновых углеводородов, углеводородов асфальтены). Требуется установить, какое количество каждого компонента необходимо взять, чтобы получить M кг смеси, содержащей b_i %, $i = 1, \dots, 4$, если их содержание в каждом компоненте известно и представлено в виде матрицы четвертого порядка.

Решить систему линейных алгебраических уравнений методом Гаусса и методом Зейделя. Записать алгоритм вычисления указанными методами в Mathcad и Excel».

Студенту, готовящему статью химиком, непонятно, зачем для решения одной и той же задачи надо применять оба метода, да ещё и записывать каждый алгоритм в двух ресурсах. И это вместо того чтобы воспользоваться каким-либо готовым цифровым ресурсом, загрузив туда матрицу и столбец правых частей. Потому что преподаватель требует? Ничего, кроме явного или скрытого раздражения, это у студента вызвать не может.

Этот пример настраивает на мысль, что изучение некоторых конкретных математических методов для студентов тех или иных специальностей может быть без ущерба изъято из программы. Должен ли будущий инженер, изучая курс дифференциальных уравнений, уметь решать уравнение Бернулли? Должен ли он, изучая математический анализ, уметь интегрировать подстановками Эйлера квадратичные иррациональности? Тем более что иррациональности бо-

лее высоких степеней всё равно, как правило, не интегрируются в элементарных функциях. Мы не предлагаем немедленно пересматривать курс математического анализа или дифференциальных уравнений, но приведем суждение, которое нам кажется симптоматичным: «Сегодня же мы можем наблюдать ситуацию, когда выпускник технического вуза, получивший качественное, но «аналоговое» образование, вынужден при первом трудоустройстве в ускоренном темпе обретать цифровые компетенции» ([5], с. 222).

Отдельную в этом рассмотрении ситуацию составляет изучение фундаментальных математических дисциплин для ИТ-специальностей. Переход к цифровой экономике резко повышает потребность в специалистах в сфере цифровых технологий, хотя и без этого их востребованность сегодня значительно превышает выпускную способность вузов, ведущих подготовку таких специалистов. Но ещё острее дефицит ощущается в кластере специалистов высокого уровня. Со стороны компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения для работы с цифровыми ресурсами, к ним предъявляются повышенные требования в области фундаментального математического образования. Однако, как правило, в преподавании базовых математических дисциплин на младших курсах в лучшем случае голословно анонсируется их связь с будущими ИТ-курсами. В [6] дан анализ преподавания курса «Линейная алгебра» в шести вузах (Москвы, Санкт-Петербурга, Саратова, Челябинска) на ИТ-специальностях. Вывод таков: «Связь алгебры и ИТ-дисциплин никак не показывается и нигде не объясняется применение алгебры в будущем, например, в машинном обучении. Ни в одном из рассматриваемых университетов нет практических заданий на компьютерах. Таким образом, дисциплина «Линейная алгебра» для ИТ-специальностей кажется лишь общеобразовательной и не очень полезной в будущем».

В ноябре 2018 г. по инициативе компании СКБ Контур, специализирующейся на разработке программных продуктов экономического назначения, при участии специалистов других ИТ-компаний и преподавателей фундаментальных математических дисциплин университетов, была начата модернизация этих дисциплин. Ос-

новые задачи модернизации были определены следующим образом:

1. Повышение ориентированности фундаментальных математических курсов (алгебра, математический анализ, дискретная математика, теория вероятностей и мат. статистика и др.) на подготовку специалистов высокого уровня в сфере разработки цифровых ресурсов.

2. Формирование умений высокопроизводительной самостоятельной работы в получении, освоении новых знаний в профессиональной сфере разработки цифровых ресурсов на основе фундаментальных математических дисциплин.

Основу решения этих задач составили следующие положения:

- создание мотивации к изучению фундаментальных математических курсов путем постановки задач современных цифровых технологий (машинное обучение, big data, 3D моделирование и т. д.) с демонстрацией применения для их решения средств и методов фундаментальной математики;

- использование педагогической технологии смешанного обучения, в которой определённый объём материала изучается студентами самостоятельно, ими же самостоятельно выполняется заранее определенный комплект заданий с последующим обсуждением на лабораторно-практических занятиях;

- часть учебного времени студентов регулярно (т. е. в ходе учебного процесса, а не как финишная форма) отводится на учебную деятельность студентов, реализуемую посредством использования ими компьютерных технологий, в ходе которой студенты применяют непосредственно изучаемые ими математические средства и методы в выполнении заданий, имеющих характер реальных разработок продуктов цифровых технологий.

Такой подход позволяет продемонстрировать студентам концептуальное единство математики и программирования как сферы научной и производственной деятельности. С этой целью под руководством автора данной статьи была разработана специальная версия курса «Алгебра и аналитическая геометрия», а Д. А. Косолобовым, доцентом кафедры алгебры и фундаментальной информатики УрФУ, создан согласованный с указанным курсом компьютер-

ный практикум, выполняя задания которого, студенты должны применять методы, изученные ими в курсе алгебры и аналитической геометрии, для решения задачи, моделирующей реальную задачу ИТ-профиля. Приведём примеры некоторых тем компьютерного практикума.

1. Трёхмерные объекты. Здесь студенты должны продемонстрировать умение преобразовывать трехмерные визуализированные объекты средствами векторной алгебры; поверхность преобразовываемых объектов задаётся полигональной сеткой.

2. Депикселизация. Здесь студенты должны методами линейной алгебры восстановить полное изображение по изображению, в котором некоторые фрагменты скрыты посредством «укрупнения пикселей».

3. Уменьшение размерности. Здесь студенты должны методом наименьших квадратов (методом главных компонент) уменьшить размерность пространства данных.

4. Детектирование движения. Используя метод сингулярного разложения, студенты должны провести сглаживание изображения движущегося объекта.

В общей сложности было создано 8 работ компьютерного практикума.

Технологической основой реализации служит система Jupyter notebook, которая позволяет сосредоточить внимание студентов исключительно на содержательной части выполнения задания. Это позволяет при проверке сделать акцент именно на применяемых студентом методах решения задачи, оставляя в стороне программистское окружение.

Приведём пример задания, предлагавшегося к одному из таких занятий (его номер показывает, что ему предшествовало ещё 3 задания, которые включали в себя пошаговые подготовительные элементы к выполнению этого задания).

4. Проектное изображение. Допишите следующую функцию. На вход вам дано изображение `image` размера w на h и четыре точки p_0, p_1, p_2 и x . Каждый пиксель изображения (`image[i, j]`, где $0 \leq i < w$ и $0 \leq j < h$ – это число от 0 до 255, задающее градацию серого от чёрного до белого. Изображение `image` «натянута» на параллелограмм с вершинами p_0, p_1, p_2 , как на рисунке (четвёртая вершина параллелограмма p_3 не изображена, но подразумевается):

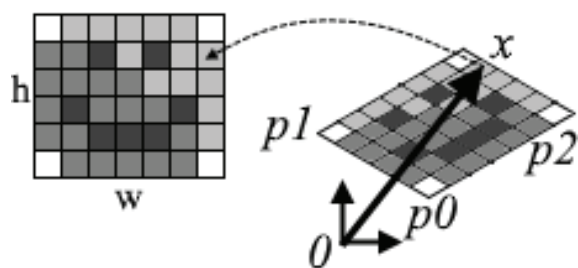


Рис. 1. Преобразование изображения

Левый и правый нижние пиксели изображения расположены, соответственно, в `image[0, 0]` и `image[w - 1, 0]`. Верните 0, если точка x не лежит в этом параллелограмме, и верните соответствующий пиксель изображения `image` в противном случае.

```
def get_pixel(p0, p1, p2, x, image):
    """Пиксель, соответствующий x в изображении,
    натянутом на p0, p1, p2, p3"""
    w = image.shape[0]
    h = image.shape[1]
    # здесь мог бы быть ваш код
    return 0
```

Проверьте, что ваше решение правильно генерирует проективную картинку.

После вставки нужного кода (вместо фразы «# здесь мог бы быть ваш код») студент отправляет программу на тестовую проверку. Если все тесты пройдены с положительным вердиктом, студент рассказывает преподавателю алгоритм, посредством которого была решена задача. Со студентом обсуждается только алгоритм, вопросы, связанные с языком программирования, не обсуждаются, поскольку это выходит за рамки изучаемого предмета. Тем самым для студента очерчивается зона его личной ответственности за его подготовленность в вопросах смежных дисциплин (в данном случае, программирования).

Результаты трёхлетнего эксперимента показали, что предложенные нами вариант курса и компьютерный практикум существенно повышают мотивированность студентов ИТ-специальностей к изучению фундаментальной математики и, как следствие, обеспечивают более высокий уровень усвоения материала и умения его применять для решения задач.

Список литературы

1. Никулова Г. А. Барьеры на пути цифровизации учебного процесса: констатация, осмысление, преодоление // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: сборник научных трудов Двадцатой открытой Всероссийской конференции, Москва, 19–20 мая 2022 г. М.: 1С-Паблишинг, 2022. С. 249–252. URL: https://it-education.ru/conf2022/thesis/Thesis_itEducation2022_cifr.pdf.
2. Даутова О. Б., Игнатьева Е. Ю., Шилова О. Н. Массовый формат смешанного обучения как движение к цифровой трансформации образования // Непрерывное образование: XXI век. 2020. Вып. 3 (31). <https://doi.org/10.15393/j5.art.2020.6045>.
3. Уваров А. Ю. На пути к цифровой трансформации школы. М.: Образование и Информатика, 2018. 120 с.
4. Проблемы преподавания математики в современном техническом вузе / В. Ю. Тертычный-Даури, В. И. Камоцкий, С. Н. Максимова, Е. В. Милованович, Ю. В. Танченко // Современное педагогическое образование. 2019. № 4. С. 145–148.
5. Аникин И. Ю. Цифровые технологии в преподавании электротехнических дисциплин // Современное педагогическое образование. 2023. № 1. С. 221–226.
6. Шилова О. Ю. Проблемы преподавания математических дисциплин для ИТ-специальностей на примере дисциплины «Линейная алгебра» // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: сборник научных трудов Двадцатой открытой Всероссийской конференции, Москва, 19–20 мая 2022 г. М.: 1С-Паблишинг, 2022. С. 146–148. URL: https://it-education.ru/conf2022/thesis/Thesis_itEducation2022_cifr.pdf.