

Интеграция методов программируемого обучения в процесс освоения математических дисциплин

Е.О. Логинова¹, А.А. Сорокин^{1,2}, А.О. Мостовой¹

¹Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта», Астрахань, Россия

²ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

Аннотация – В статье рассматриваются возможности повышение эффективности освоения математических дисциплин. В результате исследований предлагается совмещение методов программируемого обучения и приемов привлечения внимания, используемых в компьютерных играх. Анализируется пример использования разветвленного алгоритма программируемого обучения при изучении темы «Производная функции». Рассмотрена возможность применения генеративных нейронных сетей для вариативности заданий. Предложенная модель адаптивной системы позволит обеспечить персонализированный подход к обучению; повысить мотивацию и вовлеченность студентов при освоении математических дисциплин.

Ключевые слова – программируемое обучение, разветвленный алгоритм, индивидуальные обучающие маршруты, математические дисциплины.

I. ВВЕДЕНИЕ

Математическая подготовка служит фундаментом инженерного образования. С помощью математического аппарата описываются физические законы и процессы, проводятся различные расчеты. В результате формируется основной инструмент для решения профессиональных задач.

Однако традиционные формы обучения, основанные на лекционном изложении материала и решении типовых задач имеют ограничения, связанные со сложностями приобретения устойчивых знаний и навыков. Студенты вузов часто сталкиваются с трудностями при освоении математических дисциплин, таких как математический анализ, линейная алгебра и дифференциальные уравнения. Это связано с рядом факторов, включая недостаточную школьную подготовку, абстрактность понятий, а также преобладание у студентов «клипового мышления», которое характеризуется поверхностным восприятием информации, трудностями с пониманием сложных текстов, с одной стороны, и предпочтением визуального контента, с другой. Следует отметить, что существующая методика обучения математике чаще

всего ориентируется на «среднего» студента и не учитывает индивидуальные различия в математических способностях и темпе восприятия информации [1,2]. Вместе с этим, согласно [3], выпускники вузов должны уметь работать в информационно насыщенной и постоянно изменяющейся динамичной среде. Следовательно, необходима переориентация форм обучения на использование информационных технологий, позволяющих индивидуализировать процесс обучения, повысить интерактивность и вовлеченность обучающихся. Одним из способов интеграции в образовательный процесс современных информационных технологий является разработка и внедрение обучающих компьютерных игр. Следует отметить, что для школьного и дошкольного образования подобные разработки существуют [4, 5], но для вузов, особенно в области математики, они представлены явно недостаточно.

Целью работы является предложение рекомендаций для создания учебных материалов с элементами обучающих компьютерных игр, направленных на повышение эффективности освоения математических дисциплин учащихся высших учебных заведений.

II. ТЕОРИЯ

Для представления теоретического математического материала предлагается использовать метод программируемого обучения. Этот метод, основанный на работах Б.Ф. Скиннера и развитый в трудах Н.А. Краудера [6] и отечественных ученых [7]. Подобные методы предполагает разбиение учебного материала на небольшие «порции» (кадры), после изучения которых, следует контрольное задание. Его суть заключается в том, что в зависимости от правильности ответа студента на контрольный вопрос система направляет его по различным маршрутам. При правильном ответе студент переходит к следующей порции материала. При неправильном ответе система определяет тип ошибки и направляет студента на «штрафную» ветвь, где содержится дополнительное объяснение, разбор типичных ошибок или аналогичная задача с более подробным решением. После

прохождения «штрафного» блока студент возвращается к основному вопросу или получает новый, но на ту же тему. Схема реализации подобного алгоритма представлена на Рис. 1.

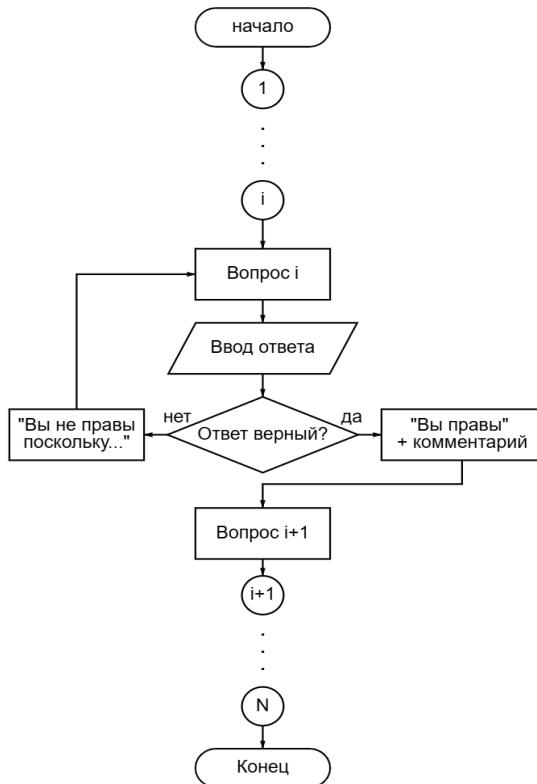


Рис.1 Схема реализации обучающей программы, которая функционирует по разветвленному алгоритму

Разветвленный алгоритм, предложенный Н.А. Краудером, является наиболее подходящим для изучения математики, где понятия и темы тесно взаимосвязаны, а неусвоение одного из них блокирует понимание последующих.

С учетом [8] модуль по изучению определенной темы математической дисциплины предлагается представить в виде графа:

$$M = G(V, E),$$

где V – вершины графа (информационные блоки с теорией, примерами, заданиями), а E – ребра (дуги), которые соединяют вершины. Последовательность ребер описывает маршрут перемещения обучающегося в процессе освоения определенного образовательного модуля. Вес ребра может отражать баллы, начисляемые за правильный ответ (положительный вес) или снимаемые за ошибку (отрицательный вес).

Дополнительно могут использоваться и другие способы удержания внимания, по аналогии с тем, как это делается в компьютерных играх – звуковые и видео эффекты, рейтинг частников, если программа используется как средство коллективного обучения, дополнительные «бонусные» уровни, раскрывающие «куриные» случаи из жизни известных ученых и специалистов определенной предметной области и др. подобные приемы.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Рассмотрим, как пример, реализацию разветвленного алгоритма при изучении темы: «Производная функции». Данная тема изучается, как правило, на первом курсе. Следует отметить, что студенты-первокурсники имеют разный уровень математической подготовки. Поэтому целесообразно начинать изучение с относительно простых задач, постепенно переходя к более сложным.

Студент получает порцию теоретического материала (вершина V1), содержащую текст, объясняющий, что производная – это предел отношения приращения функции к приращению аргумента при стремлении приращения аргумента к нулю. Геометрический смысл производной заключается в том, что производная функции в точке равна угловому коэффициенту касательной, проведенной к графику функции в этой точке (студенту демонстрируется график функции и касательной). Физический смысл производной заключается в том, что производная описывает скорость изменения процесса. После изучения теории студенту предлагается ответить на вопрос: «Что характеризует производная функции в точке?». Предлагается три варианта ответа:

- площадь под графиком функции;
- скорость изменения функции в этой точке (верный ответ);
- значение функции в этой точке.

Если ответ верный «б», то система хвалит студента и переходит к узлу V2 (Практика, простой уровень). Если ответ неверный («а» или «в»), то система переходит к узлу V1.1 (Дополнительное объяснение теории). Здесь студенту предлагается более простое и развернутое объяснение, возможно, в виде аналогии (например, скорость автомобиля как производная от его координаты). Интерактивный график, где студент может сам выбрать точку и увидеть значение производной. После объяснения студенту снова предлагается ответить на теоретический вопрос, но с переформулированными вариантами ответов (например, сгенерированными нейронными сетями, и проверенный человеком-экспертом). Если студент отвечает верно, то он переходит к следующему узлу V2 (Практика, простой уровень). Здесь студенту предлагается изучить основные правила дифференцирования и таблицу производных элементарных функций. Далее студенту предлагается несложное задание:

«Найдите производную функции: $f(x) = 3x^4 + 2x^2 - 5$ », и варианты ответов:

- $12x^3 + 4x - 5$;
- $3x^3 + 2x$;
- $12x^3 + 4x$ (верный ответ).

Если студент отвечает верно, то ему начисляются бонусные баллы, и он переходит к узлу V3 (Практика, более сложный уровень). Если ответ не верный, то система переходит к узлу V2.1 (Пошаговое решение простой задачи). На данном этапе студенту предлагается вновь ознакомиться с основными правилами дифференцирования, в частности с формулами дифференцирования суммы и разности, и

таблицей производных, в частности с формулой для отыскания производной степенной функции. Далее предлагается пошаговое решение примера на отыскание производной функции $f(x) = 3x^4 + 2x^2 - 5$:

1. $(3x^4)' = 3 \cdot 4 \cdot x^{(4-1)} = 12x^3$
2. $(2x^2)' = 2 \cdot 2 \cdot x^{(2-1)} = 4x$
3. $(-5)' = 0$
4. Ответ: $12x^3 + 4x$

После разбора предлагается новая задача, но аналогичная предыдущей, сформированная генеративной нейронной сетью, например, на отыскание производной функции: $f(x) = 6x^7 - x^3 + 5$. После верного ответа на этот вопрос студент переходит к узлу V3 (Практика, более сложный уровень). Здесь студенту предлагается решить чуть более сложную задачу, например, найти производную дроби $f(x) = \frac{2x+1}{x-3}$. Предлагаются следующие варианты ответов:

- a) $\frac{2}{x-3}$;
- б) $\frac{-7}{(x-3)^2}$ – верный ответ;
- в) $\frac{2}{(x-3)^3}$;
- г) $\frac{2(x-3)-(2x+1)}{(x-3)^2}$ – верный, но не упрощенный.

Если ответ верный (б), то студент переходит к следующему узлу V4 (Практика, прикладная задача). Если студент выбирает ответ (г), то система признает ответ технически верным, но предлагает узел V3.2, где объясняет важность упрощения выражений. Если ответ не верный (а или в), то студент переходит к узлу V3.1. (Пошаговый разбор). На данном этапе студенту предлагается вновь ознакомиться с основными правилами дифференцирования, в частности с формулами дифференцирования частного, и далее системы выдает пошаговое решение примера:

1. Используем формулу: $\frac{u'v - uv'}{v^2}$
2. $u = 2x + 1, u' = 2$
3. $v = x - 3, v' = 1$
4. Подставляем: $\frac{2 \cdot (x-3) - (2x+1) \cdot 1}{(x-3)^2}$

5. Упрощаем (раскрываем скобки, приводим подобные слагаемые):

$$\frac{2x-6-2x-1}{(x-3)^2} = \frac{-7}{(x-3)^2}.$$

После разбора студенту предлагается подобная задача, сгенерированная нейронной сетью, например, на отыскание производной функции: $f(x) = \frac{x-8}{6x+9}$.

Найти производную функции: $f(x) = (x-8)/(6x+9)$. Придумай пять задач, подобные этой

1. Найти производную функции: $f(x) = \frac{2x+3}{5x-4}$
2. Найти производную функции: $f(x) = \frac{x-6}{3x+7}$
3. Найти производную функции: $f(x) = \frac{4x-1}{8x+5}$
4. Найти производную функции: $f(x) = \frac{x+2}{9x-3}$
5. Найти производную функции: $f(x) = \frac{3x-5}{2x+6}$

Рис.2. Переформулирование задач с помощью виртуального ассистента «Алиса»

Отметим, что в рамках исследования для формирования «подобных задач» был использован виртуальный ассистент «Алиса», работающий на базе нейронной сети YandexGPT. На Рис.2 приведен пример переформулирования задачи с помощью «Алисы». Использование нейронной сети для генерации задач обеспечивает практически неисчерпаемый банк вариантов, что делает бессмысленным простое угадывание или запоминание ответов и стимулирует настоящее понимание.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В итоге, использование разветвленного алгоритма позволяет создать адаптивную систему, где студент последовательно осваивает тему:

1. Начинает с теории при ошибке возвращается к альтернативному объяснению.
2. Переходит к практике от относительно простых примеров ($f(x) = 3x^4 + 2x^2 - 5$) к более сложным ($f(x) = (2x+1)/(x-3)$).
3. При ошибках получает пояснения и подобные задания.

Система автоматически определяет слабые места в знаниях, адаптирует последовательность изучаемых тем и глубину проработки материала. Так формируется индивидуальный маршрут студента.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе исследования рассмотрено использование разветвленного алгоритма программируемого обучения, который позволяет строить индивидуальные образовательные траектории. Предложенная модель адаптивной системы позволяет обеспечить персонализированный подход к обучению; повысить мотивацию и вовлеченность студентов при освоении математических дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Юрловская И. А. Проблема индивидуализации подготовки студентов в условиях современной ситуации // Вестник евразийской науки. 2014. №1 (20). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-individualizatsii-podgotovki-studentov-v-usloviiyah-sovremennoy-situatsii> (дата обращения: 04.07.2025).
- [2] Павлуцкая Н. М. Индивидуализация образования в высшей школе и построение нелинейных образовательных траекторий бакалавров в рамках обязательной дисциплины «Физика» // Вестник БГУ. 2015. №15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-obrazovaniya-v-vysshey-shkole-i-postroenie-nelineynyh-obrazovatelnyh-traektoriy-bakalavrov-v-ramkah-obuzhatelnoy> (дата обращения: 04.07.2025).
- [3] Цифровизация оценки качества подготовки специалистов для водного транспорта / О.А. Казьмина, С.Н. Тарануха, И.К. Фомина // Научные проблемы водного транспорта. – 2025. – № 84(3). – С. 140-152.
- [4] Литвинова С. Н., Чельшева Ю. В. Цифровая трансформация образовательной среды дошкольной образовательной организации // Вестник ПСТГУ. Серия 4: Педагогика. Психология. 2021. №62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-obrazovatelnoy-sredy-doshkolnoy-obrazovatelnoy-organizatsii> (дата обращения: 04.07.2025).
- [5] Шпаковский Ю. Ф., Данилюк М. Д. Концепция обучающей игры для детей младшего и среднего школьного возраста // Труды

- БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. 2019. №1 (219). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-obuchayuschei-igry-dlya-detey-mladshego-i-srednego-shkolnogo-vozrasta> (дата обращения: 04.07.2025).
- [6] Калмыкова С.В., Соколицин А.С. Оптимизация содержания и структуры учебного процесса в вузе с использованием метамодели // Информатика, телекоммуникации и управление. 2012. №6 (162). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-soderzhaniya-i-struktury-uchebnogo-protsessa-v-vuze-s-ispolzovaniem-metamodeli> (дата обращения: 13.03.2025).
- [7] Пидкастый П.И. Педагогика. Учебник. – М.: Изд-во «Академия», 2014. – 261 с.
- [8] Интеграция методов программируемого обучения в процесс освоения дисциплин инженерных специальностей / Е.О. Логинова, А.А. Сорокин, А.О. Мостовой // Каспийский научный журнал. – 2025. – № 2(7). – С. 31-40.

Информация об авторах

Логинова Елена Олеговна, старший преподаватель кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины» Каспийского института морского и речного транспорта, им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань, Россия, elena_loginova83@mail.ru

Сорокин Александр Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Математические и естественнонаучные дисциплины», Каспийского института морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиала ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань, Россия; доцент кафедры «Связь», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, Россия, alsorokin.kimrt@mail.ru

Мостовой Александр Олегович, курсант гр. ИБАС-21, специальность «Информационная безопасность автоматизированных систем», Каспийский институт морского и речного транспорта им. ген.-адм. Ф.М. Апраксина – филиал ФГБОУ ВО «ВГУВТ», г. Астрахань, Россия, mostallix@yandex.ru

Integration of programmed learning methods into the process of mastering mathematical disciplines

E.O. Loginova¹, A.A. Sorokin^{1,2}, A.O. Mostovoy¹

¹Caspian Institute of Sea and River Transport named after General-Admiral F.M. Apraksin – branch of the Volga State University of Water Transport, Astrakhan, Russia

²Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract –The possibilities of increasing the efficiency of mastering mathematical disciplines are discussed. Neural networks for the variability of tasks is considered. The article discusses the possibilities of increasing the efficiency of mastering mathematical disciplines. As a result of research, it is proposed to combine the methods of programmed learning and techniques of attracting attention used in computer games. An example of using a branched algorithm of programmed learning in the study of the topic "Derivative of a Function" is analyzed. The possibility of using generative neural networks for the variability of tasks is considered. The proposed model of an adaptive system will provide a personalized approach to learning; increase the motivation and involvement of students in the development of mathematical disciplines.

Keywords – programmed learning, branched algorithm, individual learning routes, mathematical disciplines.

REFERENCES

- [1] Yurlovskaya, I. A. The Problem of Individualization of Students' Training in the Current Situation // Bulletin of Eurasian Science. 2014. No. 1 (20). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-individualizatsii-podgotovki-studentov-v-usloviyah-sovremennoy-situatsii> (date of reference: 07/04/2025).
- [2] Pavlutskaya N. M. Individualization of education in higher education and the construction of nonlinear educational trajectories of bachelors in the framework of the compulsory discipline "Physics" // Bulletin of BSU. 2015. №15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/individualizatsiya-obrazovaniya-v-vysshey-shkole-i-postroenie-nelineynyh-obrazovatelnyh-traektoriy-bakalavrov-v-ramkahobyazatelnoy> (date of request: 07/04/2025)
- [3] Tsifrovizatsiya otseki kachestva podgotovki spetsialistov dlya vodnogo transporta / O.A. Kaz'mina, S.N. Taranukha, I.K. Fomina // Nauchnyye problemy vodnogo transporta. – 2025. – № 84(3). – S. 140-152.
- [4] Litvinova S. N., Chelysheva Yu. V. Digital transformation of the educational environment of a preschool educational organization // Bulletin of the Moscow State Pedagogical University. Series 4: Pedagogy. Psychology. 2021. No. 62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-obrazovatelnoy-sredy-doshkolnoy-obrazovatelnoy-organizatsii> (accessed on 04.07.2025).
- [5] Shpakovsky Yu. F., Danilyuk M. D. The concept of an educational game for children of primary and secondary school age // Proceedings of BSTU. Series 4: Print and media technologies. 2019. No. 1 (219). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-obuchayuschei-igry-dlya-detey-mladshego-i-srednego-shkolnogo-vozrasta> (accessed: 04.07.2025).
- [6] Kalmykova S.V., Sokolitsyn A.S. Optimization of the Content and Structure of the Educational Process at a University Using a Metamodel // Informatics, Telecommunications, and Management. 2012. No. 6 (162). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-soderzhaniya-i-struktury-uchebnogo-protsessa-v-vuze-s-ispolzovaniem-metamodeli> (accessed: 13.03.2025).
- [7] Pidkastiyi, P.I. Pedagogy. Textbook. – M.: Publishing House "Academy", 2014. – 261 p.
- [8] Integration of programmed learning methods into the process of mastering disciplines of engineering specialties / E.O. Loginova, A.A. Sorokin, A.O. Mostovoy // Caspian Scientific Journal. – 2025. – № 2(7). – S. 31-40.