

Научно-методическая статья

УДК 37.026:004.42

DOI: 10.24412/2072-9014-2026-276-19-28

ПЯТИУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ И ВИЗУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ

*Оксана Михайловна Гущина^{1, а},
Елена Александровна Ерофеева^{1, б}*

¹ Тольяттинский государственный университет,
Тольятти, Россия

^а g_o_m@tlttsu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-8537>

^б e.erofeeva_73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7879-1450>

Аннотация. В статье представлена пятиуровневая модель обучения алгоритмизации и программированию с использованием робототехнической платформы RoboCIRCLE и среды Cricket Logo. Модель построена на принципе последовательного усложнения учебного материала для формирования алгоритмического мышления. Подробно рассмотрен первый (базовый) уровень, на котором раскрывается общий методический подход, сохраняющийся на последующих этапах. Результаты апробации подтверждают педагогическую целесообразность данного подхода при обучении алгоритмизации в школьном курсе информатики.

Ключевые слова: программирование; интерактивные средства; робототехника; образовательная модель; алгоритмическое мышление.

Для цитирования: Гущина О. М. Пятиуровневая модель обучения алгоритмизации с применением робототехнических и визуальных средств / О. М. Гущина, Е. А. Ерофеева // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». 2026. № 2 (76). С. 19–28. <https://doi.org/10.24412/2072-9014-2026-276-19-28>

Original article

UDC 37.026:004.42

DOI: 10.24412/2072-9014-2026-276-19-28

A FIVE-LEVEL MODEL FOR TEACHING ALGORITHMIC THINKING AND PROGRAMMING USING ROBOTIC AND VISUAL TOOLS

Olga M. Gushchina^{1, a},
Elena A. Erofeeva^{1, b}

¹ Togliatti State University,
Togliatti, Russia

^a g_o_m@tlttsu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-8537>

^b e.erofeeva_73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7879-1450>

Abstract. The article presents a five-level model for teaching algorithmic thinking and programming using the Robo-CIRCLE robotic platform and the Cricket Logo programming environment. The model is based on the principle of gradual complication of educational material and is aimed at developing students' algorithmic thinking and practical programming skills. The article provides a general description of all levels of the model, while the first level is considered in detail as a basic stage that reveals the general methodological approach preserved at the subsequent levels. The results obtained during the implementation of the model confirm the pedagogical relevance of the proposed approach in teaching algorithmic thinking within the school informatics course.

Keywords: programming; interactive tools; robotics; educational model; algorithmic thinking.

For citation: Gushchina O. M. A five-level model for teaching algorithmic thinking and programming using robotic and visual tools / O. M. Gushchina, E. A. Erofeeva // MCU Journal of Informatics and Informatization of Education. 2026. № 2 (76). P. 19–28. <https://doi.org/10.24412/2072-9014-2026-276-19-28>

Введение

Обучение алгоритмизации и программированию в школьном курсе информатики традиционно связано с рядом затруднений, обусловленных абстрактным характером изучаемого материала, высокой когнитивной нагрузкой и недостаточной опорой на практическую деятельность обучающихся. В результате у школьников нередко возникают трудности при освоении базовых алгоритмических конструкций, в понимании логики построения алгоритмов и переносе теоретических знаний в практическую плоскость [1]. В научно-педагогической литературе отмечается, что повышение эффективности обучения в данной области связано с использованием средств, обеспечивающих наглядность, интерактивность и включенность обучающихся в активную деятельность [2].

Одним из перспективных направлений совершенствования обучения алгоритмизации является применение визуальных сред программирования и робототехнических средств. Визуальные среды позволяют снизить сложность восприятия базовых понятий программирования за счет наглядного представления алгоритмических конструкций и упрощения перехода от замысла к программной реализации [3]. Робототехнические платформы, в свою очередь, создают условия для практической проверки алгоритмов и обеспечивают непосредственную связь между программным кодом и наблюдаемым результатом, что способствует развитию алгоритмического мышления, навыков декомпозиции задач и устойчивой учебной мотивации [4]. Практическое взаимодействие с роботами позволяет конкретизировать абстрактные концепции, переключая акцент с синтаксиса на логику и структуру алгоритмов [5], способствует развитию навыков декомпозиции задач и алгоритмического мышления [6], что положительно сказывается на качестве усвоения материала. Вместе с тем исследователи подчеркивают, что использование робототехники в обучении должно быть педагогически организованным и системным, чтобы практическая деятельность не подменяла собой осмысление фундаментальных понятий алгоритмизации и программирования [7].

Таким образом, актуальной становится задача разработки такой модели обучения, которая сочетала бы поэтапное освоение алгоритмического содержания с практической реализацией алгоритмов в визуальной и робототехнической среде. Особую значимость при этом приобретает организация обучения по принципу последовательного усложнения учебных задач, позволяющая обеспечить преемственность этапов, постепенное наращивание сложности и формирование устойчивых навыков программирования.

Целью статьи является представление пятиуровневой модели обучения алгоритмизации и программированию с использованием робототехнической платформы Robo-CIRCLE и среды Cricket Logo, а также раскрытие общего методического подхода к ее реализации на примере первого уровня как базового этапа всей образовательной траектории. Подробное рассмотрение первого уровня обусловлено тем, что именно на нем наиболее полно проявляются ключевые характеристики предложенной модели, сохраняющиеся при переходе к последующим уровням, различающимся прежде всего содержанием учебных задач и степенью их усложнения.

Методы исследования

В исследовании использовались анализ психолого-педагогической и методической литературы по проблеме обучения алгоритмизации и программированию, педагогическое проектирование пятиуровневой модели обучения, педагогический эксперимент, наблюдение за деятельностью обучающихся в процессе выполнения практических заданий, анализ результатов контрольных заданий

и анкетирование участников апробации. Совокупность указанных методов позволила оценить возможности практической реализации предложенной модели и ее педагогическую целесообразность в условиях школьного обучения информатике.

Основное исследование

Пятиуровневая модель обучения алгоритмизации и программированию

Разработанная авторами пятиуровневая модель обучения алгоритмизации и программированию с использованием робототехнической платформы Robo-CIRCLE и среды Cricket Logo ориентирована на поэтапное формирование у обучающихся алгоритмического мышления и практических навыков программирования. В основу модели положен принцип последовательного усложнения учебного материала: переход от базовых способов представления и анализа алгоритмов к более сложным задачам, требующим применения методов оптимизации, адаптации и комбинаторного поиска.

Предлагаемая модель строится как целостная образовательная траектория, в рамках которой каждый последующий уровень опирается на результаты предыдущего и развивает уже сформированные представления, умения и способы деятельности. Единство модели обеспечивается общим методическим подходом, предполагающим сочетание теоретического освоения алгоритмических понятий с их практической реализацией в визуальной среде программирования и проверкой на робототехнической платформе. Структура модели представлена на рисунке 1.

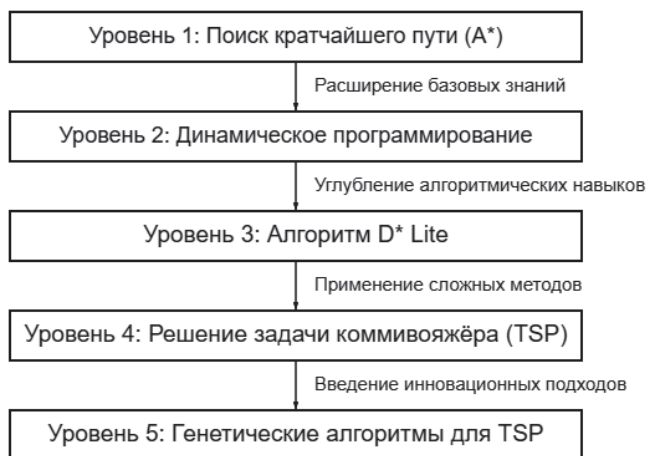


Рис. 1. Пятиуровневая модель обучения алгоритмизации

Первый уровень связан с освоением алгоритмов поиска кратчайшего пути на примере алгоритма A* и направлен на формирование базовых представлений

о графах, маршрутах, критериях оптимальности и способах программной реализации алгоритма. На этом этапе закладываются основы дальнейшего освоения алгоритмического материала.

Второй уровень ориентирован на изучение подходов к анализу и стабилизации работы алгоритмов в условиях изменяющихся параметров среды. На данном этапе обучающиеся осваивают способы повышения устойчивости алгоритмов, а также приобретают опыт их отладки, тестирования и оптимизации.

Третий уровень посвящен построению тепловых карт и освоению элементов динамического программирования. Его содержание направлено на развитие у обучающихся умений анализировать варианты решений, выделять подзадачи и выбирать оптимальные стратегии на основе визуализации и сопоставления данных.

Четвертый уровень связан с изучением инкрементального перепланирования на примере алгоритма D* Lite. Данный этап ориентирован на формирование представлений об адаптивных алгоритмах, способных эффективно перестраивать решение при изменении условий внешней среды.

Пятый уровень посвящен решению задачи коммивояжера как одной из классических комбинаторных задач оптимизации. На этом этапе обучающиеся осваивают подходы к поиску эффективных решений в условиях повышенной сложности, интегрируя ранее сформированные алгоритмические представления и практические навыки.

Несмотря на различие алгоритмического содержания отдельных уровней, их объединяет единая логика организации обучения. На каждом этапе обучающиеся осваивают соответствующие алгоритмические идеи, реализуют их в среде Cricket Logo, проверяют работоспособность решений в практических заданиях с использованием Robo-CIRCLE и анализируют полученные результаты. Таким образом, изменяется прежде всего содержание учебных задач и степень их сложности, тогда как общий методический подход, лежащий в основе модели, сохраняется.

В настоящей статье подробно рассматривается первый уровень модели как базовый и методически репрезентативный этап, на котором наиболее полно раскрывается общая логика предложенной образовательной траектории.

Авторы модели выделили следующие инвариантные методические характеристики, сохраняющиеся на всех последующих уровнях:

- наличие конкретной алгоритмической задачи, которая формулируется в терминах, доступных обучающимся;
- визуализация алгоритма в среде Cricket Logo до его программной реализации;
- поэтапная реализация от псевдокода к рабочей программе с обязательным тестированием на дискретном поле;
- перенос на робототехническую платформу Robo-CIRCLE с учетом физических ограничений;

- анализ результатов (сравнение найденного маршрута с эталонным, оценка времени выполнения).

Последующие уровни модели представлены в обобщенном виде, поскольку при различии изучаемых алгоритмов они реализуются в рамках единого подхода к организации учебной деятельности.

Апробация модели

Апробация предложенной пятиуровневой модели обучения алгоритмизации и программированию проводилась на базе средней школы Тольятти с участием 30 обучающихся 10-го класса. Экспериментальная работа осуществлялась в течение одного учебного триместра и предусматривала последовательное освоение всех уровней образовательной траектории с использованием робототехнической платформы Robo-CIRCLE и среды программирования Cricket Logo. В рамках апробации оценивалась возможность практической реализации модели в условиях школьного обучения, а также ее применение для формирования алгоритмического мышления и практических навыков программирования у обучающихся.

Первый уровень модели был посвящен освоению алгоритма поиска кратчайшего пути A^* . Для его реализации в среде Cricket Logo была разработана программа, обеспечивающая построение маршрута на дискретном поле размером 100×80 см с использованием манхэттенской эвристики для оценки расстояния до целевой вершины. Основная процедура алгоритма A^* была реализована с использованием очереди с приоритетом для хранения вершин с учетом значения функции $f = g + h$.

На рисунке 2 представлен результат выполнения алгоритма A^* в среде Cricket Logo при запуске процедуры поиска пути.

Для обеспечения движения робота по найденному маршруту были разработаны управляющие процедуры, отвечающие за перемещение платформы вперед и ее повороты в соответствии с построенной траекторией. Практическая реализация первого уровня позволила учащимся не только освоить основные принципы работы с графами и алгоритмами поиска пути, но и получить опыт программирования реального робота с учетом физических ограничений и особенностей управления.

Аналогичная логика организации учебной деятельности применялась и на последующих уровнях образовательной траектории, различающихся прежде всего алгоритмическим содержанием и степенью сложности решаемых задач.

Результаты исследования

Оценка результатов обучения проводилась на основе итогового контрольного тестирования, включавшего 15 заданий:

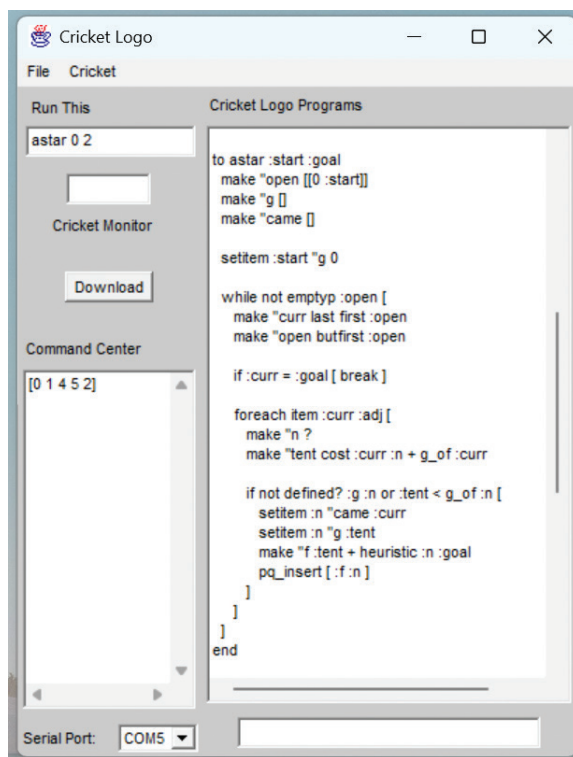


Рис. 2. Интерфейс среды Cricket Logo после выполнения алгоритма А*

- 5 заданий базового уровня (распознавание алгоритмических конструкций, трассировка простых алгоритмов);
- 5 заданий среднего уровня (модификация готового алгоритма под новые условия);
- 5 заданий повышенного уровня (разработка алгоритма с нуля для задачи, не разобранной на занятиях).

Каждое задание оценивалось по бинарной шкале (1 — выполнено верно, 0 — неверно или не выполнено). Итоговый балл пересчитывался в проценты от максимально возможного (15 баллов). Успешным решением считалось полное соответствие ожидаемому результату (для робототехнических заданий — прохождение маршрута без ошибок).

Сравнивались результаты экспериментальной группы (30 человек, обучение по пятиуровневой модели) и контрольной группы (28 человек из параллельного класса, обучение по традиционной методике). Контрольная группа не имела доступа к робототехнической платформе и использовала только теоретические занятия и задачи на бумаге.

Результаты апробации предложенной пятиуровневой модели обучения алгоритмизации и программированию показали положительную динамику в освоении обучающимися алгоритмического материала по сравнению с традиционным подходом к обучению. Сопоставление итоговых результатов

контрольных заданий показало, что при традиционной организации обучения, основанной преимущественно на теоретических занятиях и ограниченном практическом применении, средний балл обучающихся составил 62 %, тогда как при реализации предложенной модели данный показатель достиг 85 % после завершения пятого уровня.

На рисунке 3 показано сравнение результатов обучения при использовании разработанной модели и традиционного подхода.

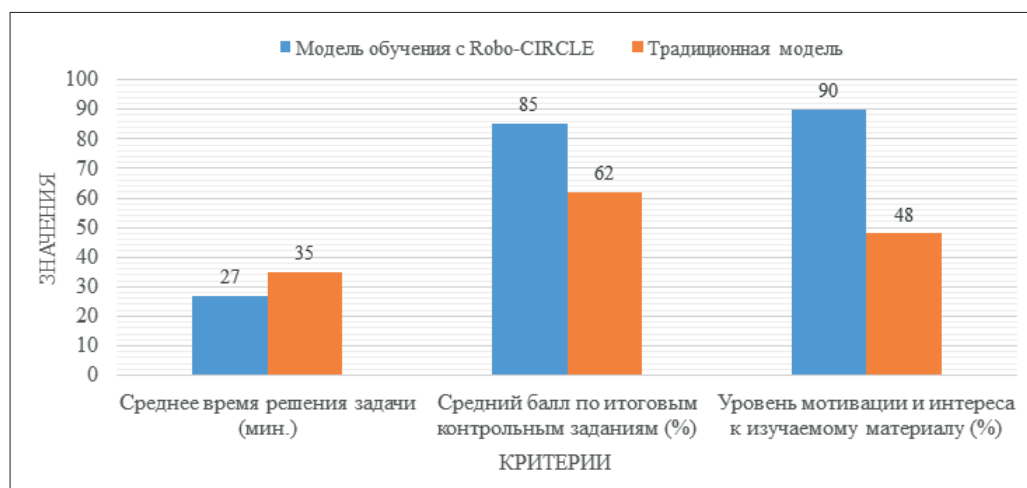


Рис. 3. Сопоставление результатов обучения при реализации предложенной модели и традиционного подхода

Наибольший прирост наблюдался при выполнении заданий повышенного уровня. По отношению к исходному тестированию доля успешных решений здесь выросла на 30 %. Следовательно, постепенное наращивание сложности учебного материала и одновременная практическая работа на робототехнической платформе дают учащимся возможность увереннее справляться с нестандартными алгоритмическими задачами.

Положительную оценку модели подтвердили и данные опроса: 90 % опрошенных школьников указали, что использование робототехнических средств и визуальных моделей облегчает понимание сложных разделов алгоритмизации и удерживает интерес к программированию. В совокупности эти результаты говорят в пользу того, чтобы рассматривать описанную модель в качестве перспективного варианта построения занятий по алгоритмизации в школе.

Заключение

В ходе работы апробирована пятиуровневая модель обучения алгоритмизации и программированию на базе конструктора Robo-CIRCLE и среды Cricket Logo. Полученные данные свидетельствуют: если выстраивать

алгоритмические задания по нарастающей сложности и опираться на практико-ориентированный формат, то учащиеся успешнее осваивают материал, приобретают устойчивые навыки кодирования и проявляют больший познавательный интерес. В связи с этим предложенную модель можно рекомендовать к применению в школьной практике.

Список источников

1. *Mtaho A. B., Mselle L. J.* Difficulties in learning the data structures and algorithms course: literature review // *The Journal of Informatics*. 2024. Vol. 4. No. 1.
2. Францкевич А. А., Простак О. Ю. Опыт использования визуализированной среды программирования Scratch для обучения основам алгоритмизации и программирования в VI–VIII классах школ Беларуси // *Информатика в школе*. 2023. № 6 (185). С. 48–53.
3. *Govender R. G., Govender D. W.* Using robotics in the learning of computer programming: student experiences based on experiential learning cycles // *Education Sciences*. 2023. Vol. 13. No. 3. P. 322.
4. Новиков А. Д. Обучение школьников визуальному программированию на занятиях по робототехнике / А. Д. Новиков, А. А. Гаврилко, Г. Л. Абдулгалимов // *Наука в жизни человека*. 2024. № 2. С. 54–60.
5. Барыбин А. А. Автоматизация процессов обучения с применением роботов / Ал-др А. Барыбин, Ал. А. Барыбин // *Вестник экспериментального образования*. 2017. № 3 (12). С. 1–9.
6. Unlocking the potential of programming education: enhancing conceptual understanding and student engagement with Sphero SPRK Robot / I. Nnass [et al.] // *Journal of Pure & Applied Sciences*. 2022. Vol. 22. No. 3. P. 280–285.
7. *Qu J. R.* Cultivating students' computational thinking through student-robot interactions in robotics education / J. R. Qu, P. K. Fok // *International Journal of Technology and Design Education*. 2022. Vol. 32. No. 4. P. 1983–2002.

References

1. *Mtaho A. B., Mselle L. J.* Difficulties in learning the data structures and algorithms course: literature review // *The Journal of Informatics*. 2024. Vol. 4. No. 1.
2. *Frantskevich A. A., Prostak O. Yu.* The experience of using the visualized Scratch programming environment for teaching the basics of algorithmization and programming in grades VI–VIII of schools in Belarus // *Informatics at school*. 2023. No. 6 (185). P. 48–53.
3. *Govender R. G., Govender D. W.* Using robotics in the learning of computer programming: student experiences based on experiential learning cycles // *Education Sciences*. 2023. Vol. 13. No. 3. P. 322.
4. *Novikov A. D.* Teaching students visual programming in robotics classes / A. D. Novikov, A. A. Gavrillko, G. L. Abdulgalimov // *Science in human life*. 2024. No. 2. P. 54–60.
5. *Barybin A. A.* Automation of learning processes using robots / Al-dr A. Barybin, Al. A. Barybin // *Bulletin of Experimental Education*. 2017. No. 3 (12). P. 1–9.
6. Unlocking the potential of programming education: enhancing conceptual understanding and student engagement with Sphero SPRK Robot / I. Nnass [et al.] // *Journal of Pure & Applied Sciences*. 2022. Vol. 22. No. 3. P. 280–285.

7. *Qu J. R.* Cultivating students' computational thinking through student-robot interactions in robotics education / J. R. Qu, P. K. Fok // International Journal of Technology and Design Education. 2022. Vol. 32. No. 4. P. 1983–2002.

Статья поступила в редакцию: 05.03.2026;
одобрена после рецензирования: 15.04.2026;
принята к публикации: 15.04.2026.

The article was submitted: 05.03.2026;
approved after reviewing: 15.04.2026;
accepted for publication: 15.04.2026.

Информация об авторах / Information about the authors

Оксана Михайловна Гущина — кандидат педагогических наук, доцент, директор Института цифровых технологий, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Oksana M. Gushchina — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Digital Technologies, Togliatti State University, Togliatti, Russia.
g_o_m@tltsu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-8537>

Елена Александровна Ерофеева — кандидат педагогических наук, руководитель департамент магистратуры, Институт цифровых технологий, Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия.

Elena A. Erofeeva — Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Master's Department, Institute of Digital Technologies, Togliatti State University, Togliatti, Russia.
e.erofeeva_73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7879-1450>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.