



DOI: 10.32517/2221-1993-2024-23-1-77-84

А. Г. Кушниренко, К. А. Машенко, И. Г. Райко

Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСООЕМКИХ АЛГОРИТМОВ В КУРСАХ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОШКОЛЬНИКОВ И МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

Аннотация

Статья знакомит с двумя разработанными в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН методиками систематического преподавания азов программирования дошкольникам и младшеклассникам. Массовое применение этих методик требует выполнения ресурсоемких алгоритмов, которые еще несколько лет назад были возможны только мощным серверам, а сегодня могут без задержек выполняться на массово производимых планшетах экономкласса. Программная поддержка этих двух методик реализована в учебной бестекстовой среде программирования «ПиктоМир». Безэкранный методика составления программ из материальных объектов по правилам безошибочного двумерного синтаксиса позволяет избавить детей от экранной работы при составлении программ и повысить число самостоятельно составляемых детьми программ на каждом занятии. Использование дополненной реальности при выполнении составленной ребенком программы движения робота по игровому полю позволяет избавить ребенка от экранной работы при сборке игровой обстановки.

Ключевые слова: дошкольник, младшеклассник, алгоритмика, робот, бестекстовый, безэкранный, кубики, «ПиктоМир», распознавание пиктограмм, дополненная реальность.

1. Введение

Идею использовать реальных и виртуальных роботов при обучении новичков программированию ввел в широкий оборот известный математик, программист, психолог и педагог, ученик Жана Пиаже, Сеймур Пей-

перт. Знаменитая черепашка Пейперта, управляемая по проводам внешними командами, была вдохновлена гораздо более сложной автономно функционирующей реальной электромеханической черепашкой, созданной известным нейрофизиологом и кибернетиком Греем Уолтером в 1949 году (фото 1).

Контактная информация

Кушниренко Анатолий Георгиевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. отделом учебной информатики, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия; *адрес:* 117218, Россия, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 36, корп. 1; *e-mail:* agk@mail.ru

Машенко Кирилл Алексеевич, младший научный сотрудник отдела учебной информатики, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия; *адрес:* 117218, Россия, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 36, корп. 1; *email:* kirill010399@mail.ru

Райко Илья Глебович, аспирант отдела учебной информатики, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия; *адрес:* 117218, Россия, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 36, корп. 1; *email:* ilya.rayko@niisi.ru

A. G. Kushnirenko, K. A. Mashchenko, I. G. Rayko

Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences, National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

APPLICATION OF RESOURCE-INTENSIVE ALGORITHMS IN PROGRAMMING COURSES FOR PRESCHOOL CHILDREN AND PRIMARY SCHOOL CHILDREN

Abstract

The article describes two techniques for systematically teaching the basics of programming to preschool children and primary school children, developed at the Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences. The widespread use of these techniques requires the execution of resource-intensive algorithms, which a few years ago were only feasible for powerful servers, but today can be executed without delay on mass-produced economy-class tablets. Software support for these two techniques is implemented in the educational textless programming environment PiktoMir. The screen-free method of composing programs from material objects according to the rules of error-free two-dimensional syntax allows you to save children from screen work when composing programs and increase the number of programs children independently compose in each lesson. The use of augmented reality when executing a child's program for moving a robot across the playing field allows the child to free himself from screen work when assembling the gaming environment.

Keywords: preschooler, primary school student, algorithmics, robot, textless, screenless, cubes, PiktoMir, pictogram recognition, augmented reality.



Фото 1. Грей Уолтер и одна из его «черепашек» (фото: John Pratt/Keystone Features/Hulton Archive/Getty Images)

Черепашка Пейперта сначала появилась в двух формах: реальная черепашка-робот, обитающая на полу, управляемая компьютером по проводам и рисующая картинку реальными чернилами на разостланной на полу бумаге, и экранная черепашка, живущая и рисующая картинку на экране дисплея. Реальная черепашка быстро проиграла соревнование виртуальной. Автор статьи [4] А. Ильинский остроумно заметил: «Широкое распространение персональных компьютеров в конце 70-х годов привело к массовому вымиранию черепашек-роботов и неконтролируемому размножению экранных черепашек». Оригинальная экранная черепашка Пейперта была им реализована в среде программирования на новом, предназначенном для детей языке программирования Logo и получила широкое распространение, которое, однако, со временем выявило некоторые проблемы. Ученик Пейперта Митчел Резник, один из создателей языка программирования Scratch, описал эти проблемы следующим образом: «В 1980-х годах тысячи школ обучили миллионы учащихся программировать на Logo, но первоначальный энтузиазм быстро угас. Учителям и учащимся было трудно преодолеть нелогичности в синтаксисе этого языка. К тому же знакомство с ним осуществлялось в контексте не слишком интересных задач» [11].

В конце XX века, потеснив Logo, появились новые языки программирования для начального обучения детей и возродились и вернулись в педагогическую практику вымершие было реальные роботы-игрушки. И в первой четверти XXI века большинство ученых и педагогов всего мира придерживаются того мнения, что оптимальный путь освоения азов программирования ребенком — составление программ управления реальными и виртуальными роботами. Постепенно растет доля педагогов, считающих, что начинать знакомство с программированием можно и нужно в дошкольном возрасте. Однако, как сформулировано в работе [5],

«вопрос о том, каких роботов и по каким методикам нужно использовать, остается открытым, равно как и вопросы о том,

- каковы цели ознакомления детей с программированием;
- насколько систематичным должно быть это знакомство;
- при каких условиях нужно комбинировать в начальном курсе программирования для дошкольников работу в реальных и виртуальных средах;
- при каких условиях можно обойтись только виртуальной средой».

В поисках ответов на эти вопросы в мире создано несколько популярных учебных бестекстовых и безэкранных сред программирования и робототехнических наборов, рассчитанных на детей 5–8 лет (короткий обзор подобных систем можно найти в работе [5]).

Эти новые среды программирования и робототехнические наборы предназначены для пробуждения в детях интереса к программированию, но в условиях децентрализованных систем образования не ставят и не решают задачу систематического обучения программированию детей дошкольного и младшего школьного возраста.

В России же система образования централизована и практически 100 % детей в возрасте от 3 до 7 лет посещают детские сады, а программы обучения в начальной школе на 70 % определяются единым федеральным стандартом. Поэтому в России на федеральном уровне может быть поставлена и решена задача массового раннего систематического ознакомления с программированием детей дошкольного и младшего школьного возраста с целью радикально повысить уровень освоения ИКТ на начальном и основном общем уровнях школьного образования и внести вклад в достижение Россией технологического суверенитета.

Пояснение. Под систематическим освоением азов программирования мы понимаем практическое освоение в учебной среде программирования всех конструкций структурного программирования, приобретение опыта составления и отладки пары сотен программ, охватывающих общеупотребительные комбинации управляющих конструкций структурного программирования (в том числе вложенных, например, цикл в цикле) и предварительное знакомство с терминологией программирования, например, в объеме статьи [3].

Отдел учебной информатики Федерального научного центра Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, с апреля 2023 года организация стала подведомственна НИЦ «Курчатовский институт») был организован в 1985 году вице-президентом РАН Е. П. Велиховым для поддержки процесса внедрения в СССР нового школьного предмета «Основы информатики и вычислительной техники». Отдел имеет компетенции и опыт, позволяющие взяться за решение задачи массового систематического ознакомления дошкольников и младших школьников России с азами программирования. С момента своего создания и до сегодняшнего дня отдел занимается разработкой и внедрением программного обеспечения и методик преподавания информатики и программирования на отечественном учебном школьном алгоритмическом языке — одном



Рис. 1. Учебники информатики на базе школьного алгоритмического языка

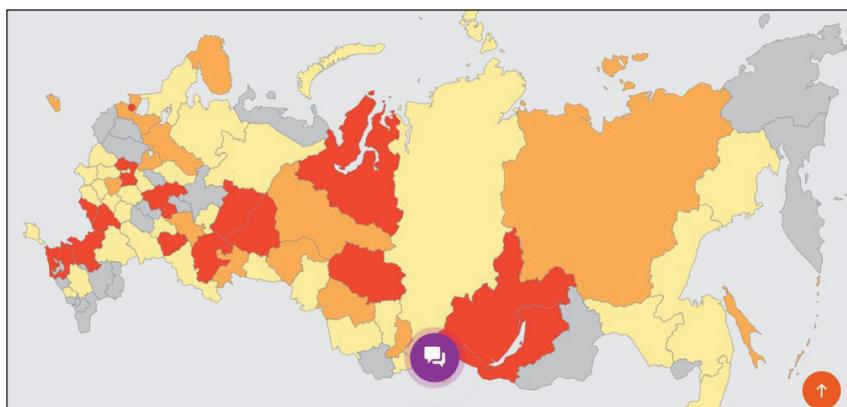


Рис. 2. Распределение по регионам 750 участников инновационной площадки «ПиктоМир»

из шести языков программирования, которые текущий ФГОС основного общего образования [9, 45.5.3 п. 6]) и программа предмета «Информатика» [10] предписывают к применению при изучении предмета на базовом уровне. С 1990 года отдел поддерживает учебную среду программирования «КуМир» на школьном алгоритмическом языке. Сотрудниками отдела в период с 1990 по 2022 годы выпущено несколько поколений школьных учебников информатики, использующих школьный алгоритмический язык (рис. 1). Суммарный тираж этих учебников приблизился к 10 млн экземпляров.

В 2010 году по инициативе академика В. Б. Бетелина отдел начал заниматься дошкольной тематикой, и была разработана свободно распространяемая среда бестекстового программирования для дошкольников «ПиктоМир» [1, 8]. Годовой курс алгоритмики для дошкольников подготовительных групп на базе среды «ПиктоМир» в 2015–2019 годах был массово внедрен в систему дошкольного образования г. Сургута [7].

Сегодня, с учетом теоретических положений, изложенных в статье [3], мы отрабатываем в образовательных учреждениях России в рамках сетевой инновационной площадки, организованной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН в 2020 году, двухлетний и трехлетний курсы алгоритмики для дошкольников и четырехлетний курс азов программирования для начальной школы. В работе площадки принимают участие 750+ детских садов и начальных школ большинства регионов России (рис. 2).

Наш опыт работы показал, что чем меньше возраст ребенка, тем эффективнее обучение азам программирования путем погружения ребенка в деятельность в реальном мире. Рост вычислительной мощности массово производимых планшетов эконом-класса, индивидуальный доступ к которым во время занятий может быть предоставлен каждому обучаемому, делает возможным по-новому организовать систематическое ознакомление с азами программирования детей 4–8 лет.

Основной тезис данной статьи заключается в том, что с использованием современных массово производимых планшетов, технологий искусственного интеллекта и дополненной реальности и подходящих учебных пособий к моменту достижения детьми возраста 7–8 лет возможно систематическое освоение ими всех конструкций структурного программирования и элементарных приемов составления и отладки программ в курсе объемом около 70 полурасовых занятий.

2. Основная особенность предлагаемых методик — акцент на деятельности в реальном мире

Мы ставим задачу перенести в реальный мир возможно большую долю этапов составления и отладки ребенком программ управления реальными роботами-игрушками и виртуальными роботами, действующими в рукотворных игровых обстановках (фото 2, 3).



Фото 2. Дети коллективно составляют из магнитных карточек на магнитной доске программу управления реальным роботом-игрушкой Ползуном, «живущим» на игровом поле на столе



Фото 3. Дети с увлечением наблюдают, как планшет управляет движением робота Ползуна, «живущего» на игровом поле на полу

Для решения этой задачи мы разработали:

- методику безэкранный составления программ на бестекстовом языке программирования Пикто [2], поддерживающем:
 - вызовы команд-приказов и команд-вопросов реальным роботам-игрушкам и виртуальным роботам;
 - многоуровневую блочную структуру программы и все общеупотребительные конструкции структурного программирования: линейные алгоритмы, ветвления, циклы с явно заданным числом повторений, циклы ПОКА, подпрограммы без параметров, счетчики;
 - кооперативное программирование;
- методику отладки программ управления реальными и виртуальными роботами, при использовании которой начальную конфигурацию игрового поля и выбор начальных позиций роботов на этом игровом поле ребенок создает в реальном мире, а процесс выполнения программы роботами ребенок наблюдает в реальности или в дополненной реальности.

3. Безэкранный составление программ новичками

Пиктограммы команд роботов, пиктограммы повторителей от 1 до 6, однобуквенные имена подпрограмм можно разместить на гранях деревянных кубиков или

магнитных карточек. Это позволяет ребенку составлять программы, механически располагая кубики или карточки в нужном порядке. В отличие от деятельности по составлению программ на экране, возможность выполнения и продолжительность работы детей любого возраста с кубиками и карточками не ограничивается никакими санитарными нормами. Составленную механическим путем из кубиков или карточек программу управления реальным роботом-игрушкой ребенок может выполнить безо всякого компьютера, взяв в руки пульт управления реальным роботом-игрушкой. Другой способ выполнения подобной программы состоит в том, что ребенок показывает составленную программу планшету воспитателя. Планшет распознает показанную ему программу методами искусственного интеллекта, загружает ее в свою память и может выполнить по команде ребенка (фото 4, 5, рис. 3).

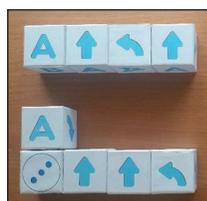


Фото 4. Программа, выложенная ребенком из кубиков (карточек) на столе

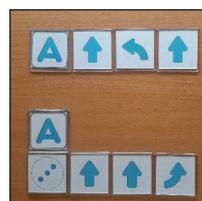


Фото 5. Та же программа, «показанная» ребенком планшету воспитателя

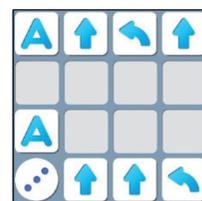


Рис. 3. Та же программа, «понятая» планшетом, на экране планшета

Разработанная нами ранее подобная методика безэкранный составления программ из материальных объектов [6] оказалась практически применимой и эффективной лишь для линейных программ. Серьезным препятствием оказались синтаксические ошибки, которые дети допускали при подобном составлении программ.

При экранном редактировании, которое проходит под контролем учебной среды программирования, легко оградить ребенка от действий, нарушающих синтаксические ограничения. Например, в ЦОС «ПиктоМир» в задании на программирование может быть задан шаблон программы (светло-серое поле в правом нижнем углу рисунка 4), в котором заполняемые в процессе составления клетки имеют одну из трех форм: квадрат (команда-приказ), ромб (команда-вопрос) или круг (повторитель).

Одну из этих трех форм имеют и пиктограммы на «полочке команд» среды «ПиктоМир» (темно-серое поле в правом верхнем углу рисунка 4), которые в процессе составления программы можно переносить в клетки шаблона программы. Редактор программы среды «ПиктоМир» устроен так, что пиктограмма определенной формы — квадрат, круг или ромб — может быть перенесена только в клетку шаблона той же формы. Например, при попытке взять с «полочки команд» круглую пиктограмму-повторитель, переместить ее и попытаться «отпустить» над клеткой квадратной формы, предназначенной для команды-приказа, круглая пиктограмма после ее «отпускания» просто исчезает и в «неподходящее по форме» квадратное поле шаблона не попадает.

При механическом составлении ребенком программ из материальных объектов никакой промежуточный

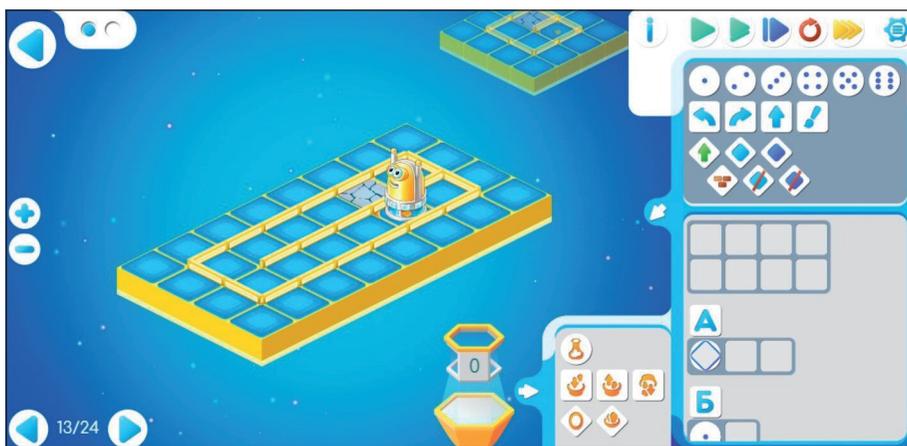


Рис. 4. Шаблон «ПиктоМир»-программы с клетками трех типов

контроль за действиями ребенка невозможен и при составлении программ с управляющими конструкциями возникают затруднения: дети часто составляют синтаксически некорректные (в смысле классического синтаксиса) программы, и синтаксическая некорректность может быть обнаружена только после «показа» составленной готовой программы компьютеру.

Эти затруднения удалось преодолеть с помощью подхода (математического трюка), который мы назвали *безошибочный двумерный пиктограммный синтаксис* [6]. Этот подход (трюк) вводит в составленные из пиктограмм программы новый синтаксис и новую семантику и основан на том, что программа *a priori* считается двумерной, структура вложенных блоков задается исключительно горизонтальными отступами, а классические вертикальные отступы не обязательны. Для реализации этой идеи мы, следуя примеру языка Python, «наделяем» программу двумерной структурой, а для задания блочной структуры используем горизонтальные отступы.

Таким образом, мы требуем, чтобы составленные из пиктограмм программы были *a priori* организованы в виде двумерной таблицы. При материальном способе составления программ нарушение этого постулата описывается понятной детям фразой «*пиктограммы расставлены неровно*», а при составлении программ на сенсорном экране невозможность подобного нарушения может быть обеспечена автоматически. Таким образом, при составлении программ из материальных объектов

единственно возможным синтаксическим (или, скорее, *геометрическим*) нарушением оказывается *неровность*, нарушение двумерной структуры. Эта *неровность* легко осознается и исправляется детьми начиная с 3–4 лет, и потому в дальнейшем мы предполагаем, что *пиктограммы расставлены ровно*, т. е. программа наделена двумерной структурой.

При таком подходе можно ввести такие правила выполнения программы, что любая программа оказывается синтаксически правильной и выполнимой. На практике в наших курсах программирования для дошкольников и младших школьников используются вложения блоков глубины не более двух-трех: например, в теле подпрограммы может быть задан цикл в цикле. Блочная структура подобных программ, определяемая исключительно горизонтальными отступами (фото 6, 7, рис. 5), легко создается и понимается детьми начиная с возраста 5,5–6 лет.

До недавнего времени составление детьми программ из материальных объектов (безэкранный программирование) и последующее распознавание «фотографии» этой программы компьютером использовалось нами как ограниченный методический прием, применяемый только при составлении простейших линейных программ на вводных занятиях.

Три соображения заставляют нас пытаться использовать этот подход максимально широко, далеко за пределами вводных занятий:



Фото 6. Задание вложенных циклов горизонтальными отступами. Классическая форма программы закрашивания буквы Е, в которой используются не только вертикальные, но и горизонтальные отступы



Фото 7. Та же программа в компактной форме, в которой вложенная блочная структура задается исключительно горизонтальными отступами

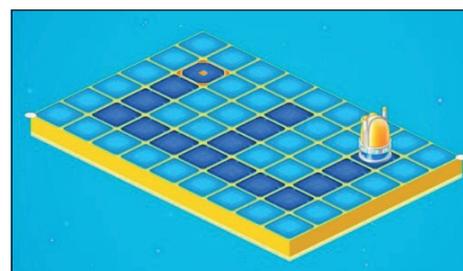


Рис. 5. Результат выполнения программы. Начальная позиция робота помечена точкой

- Во-первых, методика составления программ из магнитных карточек или деревянных кубиков с пиктограммами команд мгновенно осваивается детьми начиная с возраста 3–3,5 лет.
- Во-вторых, эта методика составления программ оказалась весьма привлекательной как для дошкольников, так и для младшеклассников.
- В-третьих, безэкранный программирование позволяет свести к нулю или радикально уменьшить время экранной работы ребенка, жестко (и даже излишне жестко) регулируемое федеральными Санитарными правилами и нормами СанПиН 1.2.3685-21. Дело в том, что процесс «фотографирования» и последующего распознавания составленной ребенком из карточек или кубиков программы, хотя и требует использования компьютера, не требует экранной работы.

4. Как продемонстрировать ребенку процесс выполнения программы, управляющей роботом

Возраст до 5 лет.

Поскольку действующие СанПиН полностью запрещают использование электронных средств обучения детьми до 5 лет, демонстрация процесса выполнения распознанной компьютером программы возможна только в реальном мире. По нашей методике дети собирают на столе или на полу игровой комнаты игровое поле, компьютер в соответствии с распознанной им программой подает размещенному на поле роботу звуковые команды, легко воспринимаемые и понимаемые детьми. А робот, получая слышимые детьми команды, перемещается по игровому полю, проводя действия с расположенными на поле объектами (см. фото 2, 3).

В качестве робота, выполняющего последовательность поступающих от компьютера или с пульта звуковых команд, может использоваться реальный робот-игрушка. Сегодня в учебных наборах, поддерживающих ЦОС «ПиктоМир», используются два таких робота — Ползун и Толкун. По техническим причинам удобно дублировать звуковые команды роботам радиокомандами, но детям мы об этом не рассказываем. Весьма полезной методически оказалась возможность поручить выполнение звуковых команд ребенку, имитирующему робота.

Возраст от 5 до 6 лет.

Согласно действующим СанПиН, индивидуальная работа на планшетах запрещена, но возможно коллективное использование электронной доски. В этом случае на доску может быть выведена либо виртуальная обстановка, полностью сгенерированная компьютером, либо изображение реальной обстановки, собранной детьми на полу игровой комнаты, дополненное изображениями виртуальных роботов, сгенерированных компьютером в процессе выполнения программы (см. подробнее в разделе 5).

Возраст старше 6 лет.

Согласно действующим СанПиН, в этом возрасте возможна индивидуальная работа на планшетах, но ограниченной продолжительности. Поэтому ребенок, не нарушая правил, может наблюдать на экране выполнение созданной им программы, составленной либо на экра-

не, либо в материальном мире. В возрасте старше 6 лет разрешено использование сенсорного экрана планшета для а) составления игровой обстановки, б) составления программы и в) наблюдения за ходом выполнения программы. Однако представляется более эффективным перенесение части этих этапов работ в реальный мир: программы ребенок составляет из материальных объектов, игровую обстановку также собирает из материальных объектов, размещая на игровом поле изготовленные на 3D-принтере или склеенные из картона модельки роботов, и лишь собственно процесс выполнения программы ребенок наблюдает на экране в дополненной реальности. При этом он видит на экране не только виртуальные объекты, но и предметы реального мира, поэтому такая демонстрация воспринимается детьми как происходящая скорее в реальном, нежели в виртуальном мире.

5. Дополненная реальность в цифровой образовательной среде «ПиктоМир»

Одной из наиболее интересных и перспективных современных технологий является технология дополненной реальности (*англ.* Augmented Reality, AR), которая позволяет создавать виртуальные объекты и размещать их в реальном мире. В последние годы AR получила все большую популярность в различных областях, включая образование.

Дополненная реальность имеет давнюю историю развития. Впервые термин «дополненная реальность» был использован в 1992 году Томасом К. Крамером, который предложил концепцию добавления виртуальных объектов к реальной сцене. Однако только с развитием современных технологий и компьютеров AR стала доступной для широкого использования.

Сегодня дополненная реальность нашла свое применение и в образовании. AR позволяет создавать интерактивные учебные материалы, которые могут значительно улучшить процесс обучения. Например, студенты могут использовать AR для изучения анатомии, истории, географии и других дисциплин. Также AR позволяет создавать виртуальные экскурсии и лаборатории, что существенно расширяет возможности образовательного процесса.

Не следует путать методики дополненной реальности (AR) с методиками виртуальной реальности (VR). Для работы в виртуальной реальности нужны специальные очки или шлем, надевая которые ты оказываешься в полностью другой, симулированной реальности. Использование подобных очков или шлемов VR может вызывать значительный дискомфорт, особенно у детей, поэтому многие производители подобного оборудования не рекомендуют его использование детьми младше 13 лет.

А вот для применения технологии AR нужен всего лишь обычный планшет, на котором поверх транслируемой с камеры картинки появляются созданные объекты. У детей при этом складывается впечатление, что эти объекты находятся рядом с ними, они могут обойти с планшетом вокруг них и рассмотреть их со всех сторон, а появляются эти объекты в привычной им обстановке реального мира, например, на полу игровой комнаты детского сада.

Технология дополненной реальности сложнее технологии виртуальной реальности и требует сложных

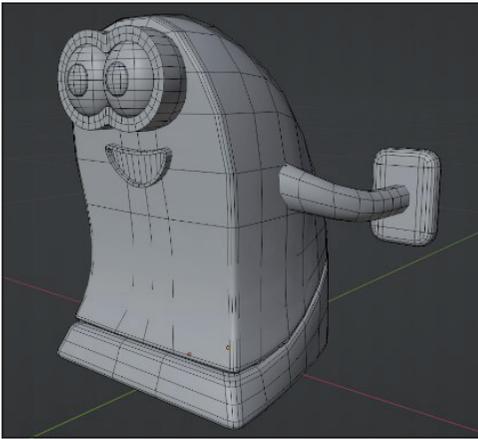


Рис. 6. Визуализация полигонов в 3D-модели

математически ресурсоемких алгоритмов и мобильных устройств, снабженных дополнительными датчиками (акселерометром, гироскопом, компасом и др.). К счастью, сегодня, в конце первой четверти XXI века, прогресс в ИКТ привел к тому, что технологии дополненной реальности реализуемы практически на любых массово производимых мобильных компьютерных устройствах. Более того, имеется свободно распространяемое программное обеспечение, которым можно воспользоваться для реализации методик дополненной реальности на мобильных устройствах.

В «ПиктоМире» использована широко распространенная библиотека компании Google «Сервисы Google Play для AR». Для того чтобы отображение движений большого количества объектов и роботов «ПиктоМира» происходило гладко, без «подтормаживаний», потребовалась большая работа по созданию экономных графических 3D-моделей. В ЦОС «ПиктоМир» используется так называемое полигональное моделирование (рис. 6).

В модуль дополненной реальности «ПиктоМира» были интегрированы, за небольшим исключением, все виртуальные роботы «ПиктоМира», и даже при отрисовке на массово производимых планшетах умеренной производительности одновременного движения большого количества роботов на одной сцене не возникает никаких «подтормаживаний». Помимо этого знакомых детям виртуальных роботов «ПиктоМира» в дополненной реальности можно рассмотреть подробно, вблизи и со всех сторон (рис. 7–10).

6. Заключение

Программная поддержка подходов, описанных в настоящей статье, реализована в цифровой образовательной среде «ПиктоМир», которая сегодня внедрена в реальный учебный процесс в сотнях детских садов и начальных школ, участвующих в работе сетевой инновационной площадки «ПиктоМир», организованной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН.

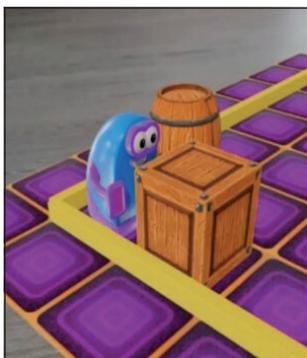


Рис. 7. Робот Двигун в дополненной реальности

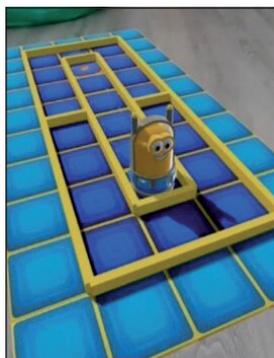


Рис. 8. Робот Вертун в дополненной реальности

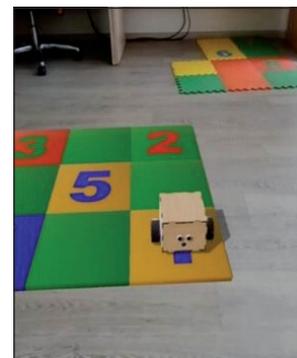


Рис. 9. Робот Ползун в дополненной реальности



а



б

Рис. 10. Роботы и ящики в дополненной реальности

Финансирование

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме № FNEF-2024-0001 (1023032100070-3-1.2.1).

Благодарности

Авторы благодарны Н. А. Серебрицкой, разработавшей модели роботов, изображенных на рисунках 6–10.

Список источников

1. *Бешапошиников Н. О., Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Райко М. В., Собакинских О. В.* Цифровая образовательная среда «ПиктоМир»: опыт разработки и массового внедрения годового курса программирования для дошкольников // Информатика и образование. 2020. Т. 35. № 10. С. 28–40. EDN: JSAWOV. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-10-28-40.
2. *Бешапошиников Н. О., Леонов А. Г.* Пиктограммный язык программирования «Пикто» // Вестник кибернетики. 2017. Т. 28. № 4. С. 173–180. EDN: VVPPQT.
3. *Бетелин В. Б., Кушниренко А. Г., Леонов А. Г.* Основные понятия программирования в изложении для дошкольников // Информатика и ее приложения. 2020. Т. 14. Вып. 3. С. 56–62. DOI: 10.14357/19922264200308.
4. *Ильинский А.* Бунтарь Сеймур Пейперт: от черепашек-роботов к экранным черепашкам // Коммерсантъ. Наука. 19.01.2021. <https://www.kommersant.ru/doc/4653334>
5. *Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Мащенко К. А., Райко М. В., Грибанова И. Н.* Начальное обучение алгоритмике дошкольников и других новичков с помощью умных роботов-игрушек // Труды Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. 2023. Т. 13. № 1-2. С. 52–68. EDN: AUYZXT. DOI: 10.25682/NIISI.2023.1-2.0008.
6. *Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Поликарпов С. А.* Безошибочный двумерный пиктограммный синтаксис в учебной среде программирования для дошкольников // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. 2023. Т. 511. С. 13–19. EDN: IQZKNJ. DOI: 10.31857/S2686954323700169.
7. *Леонов А. Г., Райко М. В., Собакинских О. В., Собянина Н. В.* Результаты освоения годовой программы «Алгоритмика для дошколят» подготовительными группами муниципального ДОУ // Труды Научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. 2020. Т. 10. № 5-6. С. 195–199. EDN: LLAERB. DOI: 10.25682/NIISI.2020.5_6.0023.
8. ПиктоМир // ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. <https://www.niisi.ru/piktomir/>
9. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 № 287 (ред. от 08.11.2022) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389560/
10. Примерная рабочая программа основного общего образования. Информатика. Базовый уровень (для 7–9 классов образовательных организаций) (Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол 3/21 от 27.09.2021 г.). <https://fgosreestr.ru/uploads/files/dcca994c21165f0d49d4baf4a7e008c0.pdf>
11. *Резник М.* Спираль обучения: 4 принципа развития детей и взрослых. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. 192 с.