**PictoMir - how and why do we teach textless programming for preschoolers, first graders and students of pedagogical universities**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nikita Besshaposhnikov Scientific Research Institute of System Development, Russian Academy of Science Moscow, Nakhimovsky Avenue 35 b. 1 117218 nbesshaposhnikov@vip.niisi.ru | Anatoli Kushnirenko Scientific Research Institute of System Development, Russian Academy of Science Moscow, Nakhimovsky Avenue 35 b. 1 117218 agk\_@mail.ru | Alexander Leonov Scientific Research Institute of System Development, Russian Academy of Science Moscow, Nakhimovsky Avenue 35 b. 1 117218 dr.l@vip.niisi.ru |

**ПиктоМир – как и зачем мы учим бестекстовому программированию дошкольников, школьников и студентов педуниверситетов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Бесшапошников Н.О. Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук Москва, Нахимовский пр-т 36 к.1 117218 nbesshaposhnikov@vip.niisi.ru | Кушниренко А.Г. Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук Москва, Нахимовский пр-т 36 к.1 117218 agk\_@mail.ru | Леонов А.Г. Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук Москва, Нахимовский пр-т 36 к.1 117218 dr.l@vip.niisi.ru |

ABSTRACT

The age reduction of acquaintance of children with programming is a worldwide trend. During long-term experiments, a freely distributed multiplatform educational and gaming system PictoMir was developed in the SRISA RAS, allowing preschoolers of the age 6+ to master a basic set of programming concepts: program, subroutine, repeater, feedback, command-orders and command-questions, branching, repeaters, counters. In the 2016-2017 academic year, 902 children in 15 municipal kindergartens of Surgut successfully passed the annual cycle of "Algorithmic for Preschoolers", creating on the tablets programs for managing virtual robots and real robots-toys.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for pro t or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

CEE-SECR ’17, October 20–21, 2017, Saint-Petersburg, Russian Federation

© 2017 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-6396-9/17/10. . . $15.00 https://doi.org/10.1145/3166094.3166115

**KEYWORDS**

PiktoMir, Mirera, programming teaching, algorithmics

CCS CONCEPTS

• **Social and professional topics** → **Information technology education;** • **Software and its engineering** → *General programming languages;*

**ACM Reference Format:**

Nikita Besshaposhnikov, Anatoli Kushnirenko, and Alexander Leonov. 2017. PictoMir - how and why do we teach textless programming for preschool- ers, rst graders and students of pedagogical universities. In CEE-SECR ’17: Central and Eastern European Software Engineering Conference Russia, October 20–21, 2017, Saint-Petersburg, Russian Federation. ACM, New York, NY, USA, 5 pages. https://doi.org/10.1145/3166094.3166115

АННОТАЦИЯ

Понижение возраста знакомства детей с программированием – общемировая тенденция. В процессе многолетних экспериментов в ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН была создана свободно распространяемая многоплатформенная учебно-игровая система бестекстового программирования ПиктоМир, позволяющая дошкольникам возраста 6+ овладеть базовым набором понятий программирования: программа, подпрограмма, повторитель, обратная связь, команды-приказы и команды-вопросы, ветвление, повторение, счетчики. В 2016-2017 учебном году 902 ребенка в 15 муниципальных детских садах города Сургута успешно прошли годовой цикл занятий «Алгоритмика для дошкольников», составляя на планшетах программы управления виртуальными роботами и реальными роботами-игрушками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ПиктоМир, Мирера, обучение прораммированию, алгоритмика

1 ПОНИЖЕНИЕ ВОЗРАСТА ЗНАКОМСТВА ДЕТЕЙ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ – МИРОВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ

К концу 20 века арифметика[[1]](#footnote-2) прочно заняло место самого практически значимого раздела математики, без которого нельзя обойтись в повседневной жизни, в образовании, в трудовой деятельности и науке. Сегодняшний мир немыслим без всеобщей арифметической грамотности. Арифметика изучается в начальных классах школы, а знакомиться с арифметикой дети начинают, еще не умея читать и писать. В Российском Федеральном государственном образовательному стандарту, «Содержание раздела „Арифметика“ служит базой для дальнейшего изучения учащимися математики, способствует развитию их логического мышления, формированию умения пользоваться алгоритмами, а также приобретению практических навыков, необходимых в повседневной жизни». Арифметика широко используется во всех естественно-научных школьных предметах: алгебре, геометрии, физике, химии, биологии, астрономии.

В новом тысячелетии человечество вступило в эпоху активного развития и использования информационных технологий, и соответствующая дисциплина – Информатика вошла (под различным названием) в школьные программы всех развитых стран. Самым важным разделом Информатики является алгоритмика - методика составления человеком планов, по которым в дальнейшем работают компьютеры, управляя роботами, различными приборами и(или) другими компьютерами. Эпоха информационных технологий немыслима без всеобщей алгоритмической грамотности.

Еще пару десятков лет назад алгоритмика изучалась в университетах, как введение в курс программирования, а сегодня в разных странах мира созданы инструменты и методики, позволяющие познакомить с алгоритмикой дошкольников, еще не умеющих, или не очень любящих, читать и писать.

Подобно тому, как освоению и развитию навыков чтения и письма в начальной школе, изучению правил произношения, правописания, арифметики, должно предшествовать приобретение практических навыков разговорной речи, рисования и счета, освоению навыков алгоритмизации в начальной и основной школе, изучению правил составления и записи алгоритмов должно предшествовать приобретение практических навыков алгоритмизации в дошкольном возрасте [1].

Отечественная учебно-игровая бестекстовая система программирования ПиктоМир и была создана, чтобы дать возможность дошкольникам возраста 5+ приобрести практические навыки программирования [2] [3].

Эти компетенции дети приобретают, составляя алгоритмы управления простейшими роботами. ПиктоМир позволяет работать как с воображаемыми, виртуальными роботами, действующими на экране, так и с реальными роботами-игрушками, действующими в обстановке игровой комнаты. Освоение ребенком возможностей робота начинается с непосредственного, пультового управления роботом. Последовательно нажимая кнопки с изображенными на них пиктограммами команд, ребенок заставляет робота выполнить задуманный заранее план действий. Этот план, в том или ином виде, всегда имеется в голове у ребенка, когда он управляет роботом, пытаясь достичь заданной цели. ПиктоМир позволяет «материализовать» этот план в бестекстовой среде программирования, выражая приказы, отдаваемые роботу и средства организации потока таких приказов не текстами, а последовательностями пиктограмм. Дети составляют программы, двигая пальцами по экрану планшета пиктограммы-иконки или, для еще большей наглядности, размещая в классе пиктограммы-магнитики на магнитной доске.

2 ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИКТОГРАММНОГО СТИЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ ИЛИ ВУЗОВСКОМ НАЧАЛЬНОМ КУРСЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В 70-х года прошлого века к преподавателям школ и университетов пришло понимание того, что обучение программированию можно начинать не с вычислительных алгоритмов, а с более наглядных алгоритмов управления воображаемым устройством, например, Путником, Резфиком металла, Черепашкой или Карел-роботом. Таким образом профессиональные языки программирования, созданные для написания эффективных вычислительных алгоритмов, можно заменить учебными языками, например, Школьным алгоритмическим языком[ссылка] или языком Лого. Школьный алгоритмический язык, как пропедевтика языков программирования сложен для младшей школы. Составлять алгоритмы на Лого могут даже младшеклассники, но дошкольникам в массе своей этот язык недоступен, он предполагает владение навыками чтения и письма. Дальнейшее понижение возраста знакомства с программированием обеспечило создание в начале нашего века пиктограммного стиля программирования, доступного дошкольникам, не умеющим или не очень любящим читать и писать. Система ПиктоМир и является примером пиктограммной среды программирования.

Появление пиктограммного стиля программирования ставит следующие четыре вопроса:

 существует ли разумный минимальный набор понятий и конструкций программирования, который может быть освоен на практике в пиктограммной системе программирования,

 если существует, то может ли он быть усвоен дошкольниками,

 если может быть усвоен, то разумно ли излагать его в дошкольном возрасте, или эффективнее начать знакомство с этими понятиями и конструкциями в более позднем возрасте,

 стоит ли использовать пиктограммный стиль программирования при «ликвидации безграмотности», например, для обучения азам программирования школьников, студентов, воспитателей и учителей, по тем или иным причинам приступившим к изучению программирования в зрелом возрасте.

На основе опыта работы c ПиктоМиром в детских садах, школах и университетах авторы уверенно отвечают «да» в ответ на все 4 вопроса.

1. ПиктоМир позволяет новичку в комфортной обстановке освоить на практике
   * базовый набор понятий последовательного программирования: программа, подпрограмма, повторитель, обратная связь, ветвление и повторение, счетчик и
   * методику работы в интегрированной системе программирования: этапы составления программы и исполнения программы, откатка, отказ, пошаговое и непрерывное выполнение;
2. этот базовый набор устойчиво осваивается дошкольниками возраста 5+;
3. знакомство с базовыми понятиями программирования, практическую деятельность по составлению программ управления реальными роботами-игрушками и виртуальными роботами на экране несомненно стоит начинать в 5-6 летнем возрасте [4];
4. при попытке ответить на 4-ый вопрос, авторы обнаружили, что система ПиктоМир, изначально нацеленная на дошкольников, и разработанные для нее программно-дидактические единицы – Миры – оказались эффективным средством организации вводных курсов программирования для новичков самых разных возрастов, от дошкольников возраста 5+ до выпускников педагогических университетов, воспитателей детских садов и школьных учителей.

Более того, тестируя методику пиктограммного программирования на студентах МПГУ в выравнивающем курсе «Азы программирования», авторы сделали неожиданное наблюдение: освоение описанного выше базового набора понятий программирования является непростым делом не только для дошкольников, но для взрослых, причем затраты времени на освоение этого минимального набора достаточно велики и не сильно зависят от возраста обучаемых.

Освоить перечисленный выше базовый набор понятий при правильной методике можно за 8-12 астрономических часов (и невозможно усвоить за существенно меньшее время). Для дошкольников, при продолжительности занятия 20-30 минут, освоение занимает около 30 занятий (годовой курс). Для школьников, при продолжительности урока 45 минут, потребуется около 16 уроков (полугодовой курс). Для студентов, при продолжительности «пары» 90 минут, потребуется около 6-8 занятий – то есть почти половина семестрового курса.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИКТОМИРА

Основной программной и методической единицей работы ученика в ПиктоМир-курсе является Игра – тематически связанный набор заданий (уровней Игры). Для прохождения очередного уровня игры ученик должен составить небольшую программу управления виртуальным или реальным роботом. Каждое задание состоит из шаблона одной ПиктоМир-программы, и одного или нескольких однотипных окружений робота, в каждом из которых выполнение составленной учеником программы должно привести к достижению заданной цели.

Игры составляются так, чтобы прохождение уровней одной Игры укладывалось в одно занятие, в один непрерывный сеанс работы ученика. Для дошкольников подготовлены игры, прохождение которых занимает от четверти часа до получаса. Для школьников и студентов игра может быть рассчитана на один-два академических часа. Несколько тематически связанных Игр по управлению одним и тем же набором роботов объединяются в так называемый Мир.

В курсе программирования могут использоваться, последовательно или вперемежку, несколько Миров, в каждом из которых задействованы свои роботы и свои методики управления. На начальном этапе ребенок составляет программу управления роботом без обратной связи. Такая программа должна работать в одной-единственной обстановке, предъявляемой ребенку в задании. Уже в этом простом случае для организации программы шаблон программы может предусматривать использование конструкций подпрограмма и повторитель. На следующих этапах используется управление с обратной связью и в шаблоне программы предусматривается использование конструкций ветвление и повторение с целью составления универсальной программы, правильно работающей в нескольких (как правило, трех) однотипных обстановках. По мнению авторов, необходимым элементом начального курса является практика составления программ управления реальными роботами-игрушками и предварительна отладка этих программ с использованием виртуальных моделей реальных роботов.

Важно, что роботы-игрушки в курсе «Алгоритмика для дошкольников» не являются объектом изучения или конструирования. Эти роботы используются только как учебные пособия, наглядно визуализирующие процесс выполнения программы.

4 ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИКТОМИРА

ПиктоМир – свободно распространяемая многоплатформенная программная система, разработанная в федеральном научном центре НИИСИ РАН по заказу Российской академии наук.

В НИИСИ РАН разработаны несколько Миров, которые входят в свободную поставку системы ПиктоМир. С этими Мирами ученики могут работать через веб-интерфейс, зайдя на сайт <https://piktomir.ru/online>. Подобный подход не требует загрузки ПиктоМира на устройства учеников, но требует выхода в Интернет в начале занятия. Возможна и организация автономной работы с ПиктоМиром, который в этом случае вместе с требуемыми Мирами должен быть загружен на компьютеры учеников перед началом курса. В комплект поставки ПиктоМира входит редактор Пиктомир-игр, который позволяет преподавателю модифицировать существующие игры и создавать новые игры.

ПиктоМир допускает динамическую интеграцию с внешними Мирами и сторонние разработчики имеют возможность разрабатывать свои Миры, распространяя их на своих условиях.

В процессе экспериментов по совершенствованию интерфейса ПиктоМира и содержания игр авторам удалось создать программную систему и методическое обеспечение, пригодные к «массовой эксплуатации». В 2016-2017 учебном году ПиктоМир, набор Миров для годового курса «Алгоритмика для дошкольников» и 150-страничная методичка к этому курсу использовались комитетом образования города Сургута для организации годового курса в 15 муниципальных детских садах на планшетах с операционной системой Андроид. Около 30 воспитателей после минимальной переподготовки успешно провели курс для 902 детей. В течение учебного года в программном обеспечении не было обнаружено ни одной ошибки.

По состоянию на осень 2017 года ПиктоМир и набор Миров для годового курса «Алгоритмика для дошкольников» могут использоваться в детском саду:

 на любых устройствах через Веб-интерфейс;

 загружаться на планшеты с операционными системами iOS и Android;

 загружаться на компьютеры с операционными системами типа Windows и Linux.

Детали работы со средой ПиктоМир могут найдены на сайте <https://piktomir.ru>, в частности, на страницах <https://piktomir.ru/online>; <https://piktomir.ru/download>; <https://piktomir.ru/coursеware>.

Опыт показал, что при организации курса «Алгоритмика в детском саду» число детей в подгруппе, которую ведет один воспитатель, может быть доведено до 12. Для работы с ПиктоМиром нужен планшет или компьютер для каждого ученика и один планшет или компьютер для воспитателя. Авторская методика не предполагает сохранения каких-либо данных ученика от сеанса к сеансу, то есть компьютерные устройства учеников обезличены. ПиктоМир позволяет преподавателю, при желании, мониторить ход работы учеников в процессе занятия со своего рабочего места и регистрировать результаты работы учеников в ходе прохождении курса, но в данной статье за недостатком места эти вопросы рассмотрены не будут.

5 ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРФЕЙСА ПИКТОМИРА

1. В большинстве игр задан готовый шаблон программы, который ребенок не может «испортить». Правильная программа, как правило, использует все клетки шаблона, это служит важной подсказкой.
2. В Пиктомир-программе принципиально невозможны синтаксические ошибки. Пиктограммы, которые ребенок должен разместить в позициях шаблона программы и сами позиции шаблона имеют одну из трех форм: квадрат для команд робота, круг для повторителей, ромб для условий. Размещаемая в позиции шаблона пиктограмма по форме должна соответствовать этой позиции. Это делает невозможными синтаксические ошибки. Например, **квадратную** пиктограмму команды просто не получится разместить в **круглом** шаблоне повторителя.
3. Шаблон программы может быть частично заполненным, это позволяет вводить в игре промежуточные уровни, уменьшая скачок сложности, преодолеваемой ребенком при переходе от уровня к уровню.
4. В каждой игре предусмотрено несколько дополнительных уровней для детей, быстро прошедших обязательные уровни.
5. Учитывая сложность с мелкой моторикой у части детей, интерфейс ПиктоМира позволяет вместо «перетаскивания» объекта на заданное место кликнуть объект (коснуться его пальцем), а затем кликнуть место назначения.

6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПИКТОМИР

Первая версия системы ПиктоМир была реализована на языке C++, использование библиотеки Qt обеспечивало двуплатформенность – возможность запуска под управлением ОС типа Windows и Linux.

Текущая версия ПиктоМира может работать через веб-интерфейс или под управлением ОС семейств Android, Windows, Linux, iOS. Эта многоплатформенность обеспечивается выбором языка Java Script ECMA5 и свободно распространемой библиотеки cocos2d [5]. Библиотека cocos2d распространяется в версиях для браузеров - cocos2d-html5 и для версии для нативных платформ – cocos2d-x, в которой используется ядро Spidermonkey (версии 33) [6] для интерпретации JavaScript кода.

Виртуальные роботы и сцены с их участием библиотекой cocos2d составляются из двумерных изображений или иначе, спрайтов. Поверхность, на которой находятся роботы и сами роботы находятся в изометрической проекции для создания эффекта трехмерного изображения. Для разработки изометричных спрайтов роботов оказалось удобным использовать программное обеспечения для создания 3D-моделей. Такие модели могут разрабатываться с помощью различных графических редакторов, как свободно распространяемых, например, Blender, так и проприетарных (Autodesk 3DS Max, Modo The Foundry, ZBrush). В комплект поставки ПиктоМира подобные редакторы не входят. Сторонние разработчики ПиктоМир-игр могут выбрать любой редактор, а далее для получения двумерных изображений сделать рендер модели робота в нужных ориентациях.

Интегрирование 3D программ в процесс создания 2D игры позволяет сгладить различия между этапами концептирования и разработки. Это значительно снижает временные затраты, при этом предоставляя больше гибкости в творческом поиске.3D также упрощает процесс создания игровых объектов, позволяя не терять их правдоподобности, стилизации или художественной выразительности, что опять же сокращает время разработки игры.

ПиктоМир поддерживает два типа анимации: покадровую и анимация с помощью библиотеки Spine runtime. В случае покадровой анимации художнику необходимо нарисовать (или сделать рендер) робота в нескольких промежуточных положениях процесса анимации (например, для комфортной человеческому глазу анимации поворота робота вокруг своей оси на 45° нужно 4-6 кадров). Далее движок cocos2d-x последовательно в течение некоторого установленного промежутка времени отобразит все кадры.

Второй подход к анимации реализуется с помощью библиотеки Spine runtime и проприетарного ПО Spine [7](или его бесплатного, но менее функционального аналога DragonBones [8] ). Анимация в Spine осуществляется путем скелетной анимации. Суть данной техники заключается в представлении объекта анимации в двух частях: поверхности, которая соответствует изображению (так называемый mesh, или skin) и иерархической структуры взаимосвязанных костей (skeleton, или rig), с помощью которых анимируется mesh.

Данная техника имеет ряд преимуществ перед покадровой анимацией:

 меньший размер хранимых файлов. Традиционная покадровая анимация требует хранения изображения для каждого кадра. Анимации Spine хранят только данные костей, которые сами по себе очень малы;

 плавность анимации. Spine использует метод интерполяции, поэтому плавность анимации соответствует частоте кадров;

 более низкие художественные затраты. Создание анимаций требует гораздо меньше времени и усилий от художника, таким образом освобождается время для других игровых задач.

Комплект поставки ПиктоМира состоит из двух частей – ученической и учительской. В учительскую часть входит модуль для организации занятия и редактор ПиктоМир-игр, использующих встроенный набор исполнителей: Вертун, Двигун, Волшебный Кувшин, Кувшин с памятью.

Текущая реализация ПиктоМира состоит из следующих компонент:

 Набор базовых классов для реализации различных обстановок и роботов на них

 Набор для классов для отображения обстановок, которые зависят от библиотеки cocos2d-x

 Компонента компиляции и выполнения программ

 Компоненты, отображающие пользовательский интерфейс (GUI)

 Редактор Миров, как расширение базового GUI и классов реализации обстановок

 Модуль, по большей части написанный на языке C++ и использующий библиотеку eNet [9], для реализации кооперативных игр и их контроля воспитателем в локальной сети класса

Про устройство классов ПиктоМира, а также про формальный язык ПиктоМира и процесс его итерпритации и компиляции можно прочитать в [3].

6.1 КООПЕРАТИВНЫЕ ИГРЫ

Для поддержки кооперативных игр в ПиктоМире, в которых два или более ученика

могут совместно выполнить задание на одной карте, реализована клиент-серверная сетевая архитектура с использованием библиотеки eNet. eNet – легковесная кроссплатформенная библиотека, предназначенная для реализации сетевых игр и использующая протокол UDP. В ней есть поддержка гарантированной и приоритезированной доставки сетевых пакетов, а также поддержка broadcast сообщений.

Во время игры в ПиктоМир, если на уровне присутствует два или более роботов, ученику становится доступен интерфейс для поиска партнеров для прохождения задания. Далее ученик посылает приглашение и ожидает подтверждения от партнеров. Обнаружение и приглашение партнеров в локальной сети происходит с помощью технологии broadcast сообщений.

После того, как все подтвердили приглашения, на устройстве пользователя, рассылавшего приглашения создается сервер и клиент для игры, на всех остальных устройствах создается только клиент. Далее все клиенты подключаются к серверу. Во время игры, по мере заполнения программ пользователей, данные синхронизируется между клиентами. Когда ученик решил, что он решил свою часть задания, он нажимает специальную кнопку, сигнализирующую о том, что он готов. Это событие посылается на сервер, и, как только такое событие будет получено от всех клиентов, он разошлет всем клиентам событие о запуске программ всех роботов, присутствующих на карте.

Помимо обычных пользователей ПиктоМира в локальной сети может присутствовать особое устройство, которое может контролировать работу в классе. Для этого на этом устройстве создается специальный сервер, к которому скрыто подключается каждое устройство в сети с запущенным ПиктоМиром, который может посылать на них сообщения с более высоким приоритетом, чем у обычных игровых. Таким образом такое устройство может собирать статистику и контролировать создание кооперативных игр.

Основная логика работа клиента и сервера реализована на C++, и с помощью технологии js bindigs в ядре Spidermonkey их можно ипользовать в JavaScript коде ПиктоМира. В виду того, что возможности использовать сетевые технологии в браузере ограничены, кооперативные игры работают только на нативных платформах. Сообщения между клиентом и сервером посылаются в виде строк, которые содержат данные в формате JSON.

6.2 ИНТЕГРАЦИЯ С СИТЕМОЙ МИРЕРА

Каждый пользователь ПиктоМира может зарегистрироваться в системе Мирера— система поддержки непрерываемого образования и использовать свой аккаунт для прохождения курсов по ПиктоМиру, или стать учителем и дистанционно контролировать прогресс своих учеников. Так же учитель получает доступ к Редактору Миров, с помощью которого он может распространять новый миры в пределах своей ученической группы, и контролю за классом в локальной сети.

Так как исполняющая часть ПиктоМира логически отделена от графической, существует вариант сборки только этой части для автоматической проверки корректности решений учеников в системе Мирера.

6.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОРОННИХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Система классов ПиктоМира поддерживает возможность создания собственных исполнителей и обстановок на которых они работают или, иначе, модуля. Для создания собственного модуля необходимо обладать базовыми навыками программирования на JavaScript, а также иметь возможность создавать графические элементы роботов или обстановок. После создания необходимых JS файлов и графики их нужно запаковать в zip архив и опубликовать в своем аккаунте в системе Мирера. Далее становится возможным использование этого модуля и Миров, использующих его, среди своих учеников.

БЛАГОДАРНОСТИ

This work was partially supported by the MIUR-PRIN 2010–11 Project 2010ECA8P3 “DyNanoMag” and by the National Research Foundation, Prime Minister's office, Singapore under its Competitive Research Programme (CRP Award No. NRF-CRP 10-2012-03).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] |  | K. A. G. Rogozhkina I. B., «World Conference of Educational Technology and Researches,» в *PiktoMir: Teaching Programming Concepts to Preschoolers with a New Tutorial Environment.*, 2011. |
| [2] |  | Р. И. Л. А. Кушниренко А.Г., «ИТО-РОИ, Большой московский семинар по методике раннего обучения информатике.,» в *ПИКТОМИР: ПРОПЕДЕВТИКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ЯЗЫКА (ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ)*, 2012. |
| [3] |  | Д. А. Е. Д. Л. А. Бесшапошников Н.О., «ПиктоМир как кооперативная среда для обучения основам программирования дошкольников и младщих школьников,» *Труды НИИСИ РАН,* т. 5, № 1, pp. 138-141, 2015. |
| [4] |  | Л. А. Р. М. Кушниренко А.Г., «Система классов ПиктоМира поддерживает возможность создания собственных исполнителей и обстановок на которых они работают или, иначе, модуля. Для создания собственного модуля необходимо обладать базовыми навыками программирования на JavaScript, а также им,» *Труды НИИСИ РАН,* т. 5, № 1, pp. 134-137, 2015. |
| [5] |  | «Cocos2d,» Июль 2017. [В Интернете]. Available: http://cocos2d.org. [Дата обращения: Июль 2017]. |
| [6] |  | «SpiderMonkey,» Июль 2017. [В Интернете]. Available: https://developer.mozilla.org/ru/docs/SpiderMonkey. |
| [7] |  | «Spine,» Июль 2017. [В Интернете]. Available: http://esotericsoftware.com. |
| [8] |  | «DragonBones,» Июль 2017. [В Интернете]. Available: http://dragonbones.com. |
| [9] |  | «ENet,» Июль 2017. [В Интернете]. Available: http://enet.bespin.org. |

1. Арифме́тика (др.-греч. ἀριθμητική; от ἀριθμός — число) — раздел математики, изучающий числа, их отношения и свойства. [↑](#footnote-ref-2)