

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи



Леонов Александр Георгиевич

**Интеграционная методология поэтапного формирования
алгоритмического мышления при обучении информатике и
программированию**

5.8.2 Теория и методика обучения и воспитания
(информатика, информатика и вычислительная техника)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора педагогических наук

Москва – 2024

Диссертация подготовлена на кафедре вычислительной математики механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

- Научный консультант** – *Григорьев Сергей Георгиевич, член-корреспондент РАО, доктор технических наук, профессор*
- Официальные оппоненты** – *Бороненко Татьяна Алексеевна, доктор педагогических наук, профессор, декан факультета математики и информатики, заведующий кафедрой информатики и информационных систем ГАОУ ВО ЛО "ЛГУ им. А.С.Пушкина"*
- Гейн Александр Георгиевич, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»*
- Носкова Татьяна Николаевна, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой цифрового образования ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»*

Защита диссертации состоится «19» декабря 2024 г. в 16 часов 45 минут на заседании диссертационного совета МГУ.058.2 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, ауд.1624.

E-mail: dissovet.msu.13.02@math.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3162/>

Автореферат разослан «11» октября 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

А.В. Боровских

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Обеспечение технологического, научного, производственного и кадрового суверенитета России является важнейшей задачей, решение которой невозможно без цифровой трансформации системы образования, способной обеспечить подготовку высококвалифицированных специалистов. Реалии современности требуют ускоренной подготовки большого числа кадров, обладающих широкими компетенциями в области информатизации всех сфер деятельности. Каждый человек должен не только освоить компетенции, необходимые для утилитарного использования компьютеров в повседневной жизни, но и обладать необходимым в информационном обществе алгоритмическим *стилем мышления (особенностями организации мыслительного процесса)*, чтобы иметь возможность реализовать себя в выбранной профессии в современном мире, наполненном множеством новых специальностей, связанных с информатизацией, цифровыми технологиями и программированием.

Решение данной задачи требует интенсификации процессов подготовки будущих специалистов с упором на освоение компетенций в области информационных технологий. Одновременно встает вопрос о снижении возраста начала знакомства с основами алгоритмизации и программирования с целью формирования алгоритмического мышления у каждого члена общества, создании инновационных образовательных курсов и специализированных педагогических программных систем, ориентированных на массовое систематическое обучение не только студентов и школьников, но и дошкольников.

Существующая система современного образования не решает поставленные задачи, не учитывает должным образом интересы всех социальных групп учащихся. В результате имеют место различные уровни подготовки учащихся, особенно поступающих в высшие учебные заведения, что снижает эффективность образовательного процесса в вузах. Многие школьники и студенты не сумели освоить основы алгоритмизации и программирования, доступные для изучения в начальной и основной школе. Так, педагогический опыт показал, что студенты начальных курсов университетов, вчерашние школьники, имеют дефекты алгоритмического стиля мышления, не позволяющие им решать даже простейшие задачи на составление алгоритмов.

Вместе с тем необходимо отметить, что пропедевтические курсы по основам программирования для студентов, школьников и дошкольников должны иметь сходную понятийную базу и набор практических заданий.

Освоение в раннем возрасте основ алгоритмизации и программирования позволит начиная с дошкольного и младшего школьного возраста сформировать определенный стиль мышления, называемый далее *алгоритмическим*, что будет способствовать в соответствующем возрасте повышению общего интеллектуального потенциала, комфортному развитию индивидуума в условиях информационного общества и будущей успешной профессиональной деятельности.

Для решения проблемы унификации процессов формирования алгоритмического мышления у обучаемых различного возраста, изначально обладающих разными уровнями подготовки в области алгоритмизации и ИКТ-компетентности, нужно сформировать системный подход для решения поставленной задачи, который здесь назван *интеграционной методологией*. Это означает, что нужно определить наполнение компонентов *методической системы обучения (цели обучения, содержание обучения, методы обучения, формы и средства обучения)*, целью которой является формирование алгоритмического мышления при обучении информатике и программированию с возможным понижением границ сензитивного периода.

Степень разработанности темы исследования.

Исследования и разработки в области освоения основ программирования были начаты в СССР еще в начале 1960-х годов. Усилиями С.И. Шварцбурда в Москве и А.П. Ершова в Новосибирске были созданы первые учебные курсы, на которых старшеклассники обучались программированию, теории информации и знакомились с устройством компьютеров.

Доклад А.П. Ершова «Программирование – вторая грамотность» в 1981 году предопределило цифровую трансформацию системы образования. Школьный предмет «Основы информатики и вычислительной техники» введен в СССР в 1985 году, как инновационный курс информатики в 9-10-х классах школы «безмашинного» изучения основных алгоритмов на текстовом учебном *школьном алгоритмическом языке*, так как отсутствовали какие-либо компьютерные средства для написания учениками программ на этом языке программирования. Еще до всесоюзного введения курса информатики в новосибирском университете и сибирском отделении АН СССР Г.А. Звенигородским был разработан другой, более сложный для новичков текстовый язык программирования Рапира, имеющий «машинную» реализацию в составе учебной системы программирования Школьника. В 1985 году в МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством А.Г. Кушниренко и В.Б. Бетелина была разработана «машинная» реализация школьного алгоритмический языка – учебная среда программирования «Е-практикум», затем переименованная в КуМир – «Комплект Учебных МИРов». Цифровая образовательная среда (ЦОС) КуМир стала педагогическим программным средством, использование которой в учебном процессе позволило существенно понизить возраст первоначального знакомства с основами алгоритмизации и программирования, перенеся предмет Информатика из старшей школы в основную. Школьный алгоритмический язык, также называемый *языком записи алгоритмов*, получил широкое распространение в СССР, что послужило следствием его использования в школах России и в настоящее время.

Первых успехов в разработке и во внедрении отечественного курса информатики добились: Е.П. Велихов, В.Б. Бетелин, С.А. Бешенков, Н.Я. Виленкин, А.Г. Гейн, Ю.М. Горвиц, С.Г. Григорьев, А.А. Дуванов, В.Г. Житомирский, Я.Н. Зайдельман, Г.А. Звенигородский, А.П. Ершов, В.А. Каймин, А.А. Кузнецов, А.Г. Кушниренко, Г.В. Лебедев, В.С. Леднев,

В.М. Монахов, Ю.А. Первин, А.Л. Семенов, С.И. Шварцбурд и ряд других исследователей.

Дальнейшее развитие учебного курса информатики было сконцентрировано на изучении основ применения информационных технологий. На протяжении двух десятилетий было разработано, апробировано и внедрено несколько учебников по предмету Информатика и ИКТ. Над курсом работали Л.Л. Босова, А.Г. Гейн, Ю.А. Первин, С.Г. Григорьев, В.В. Гриншкун, А.Г. Кушниренко, Г.В. Лебедев, И.В. Левченко, К.Ю. Поляков, А.Л. Семенов, Т.А. Рудченко, Я.Н. Зайдельман, Е.К. Хеннер и ряд других исследователей. В учебниках вопросы изучения принципов и методов обработки информации даны в соответствии с принятыми стандартами содержания и сконцентрированы в основной и старшей школе.

Необходимо отметить работы по созданию систематических непрерывных курсов по информатике в школе на основе идей Жана Пиаже и Н.Я. Виленкина. По инициативе Ю.А. Первина был создан сквозной непрерывный курс «Информационная культура» 1–11 класс, реализованный в учебных заведениях в г. Самара, основанный на *принципах программного управления исполнителями*, сопровождаемый поддерживающими педагогическими программными продуктами. *Принцип программного управления* утверждает, что любую работу, которую человек может выполнить, командуя неким объектом (*исполнителем*), можно передать компьютеру, составив программу выполнения того действия (или последовательности действий), которую исполнителю надлежит выполнить. В учебниках «Информатика 1-4» для начальной школы, созданных Т.А. Рудченко и А.Л. Семеновым, также рассматриваются вопросы программного управления исполнителями.

Образовательная реформа, состоящая в введении в 1985 году в школьную программу предмета Информатика, была необходима для формирования у подрастающего поколения *операционного стиля мышления*. А.П. Ершов использовал программиста в качестве прототипа носителя операционного стиля мышления, как обладающего необходимыми знаниями, умениями и навыками. Следуя А.П. Ершову, под *операционным стилем мышления* понимают следующие умения и навыки:

- Планирование, – умение планировать структуру собственных действий;
- Моделирование, – умение строить информационные модели;
- Поиск, – умение организовать поиск информации;
- Навыки структурированного взаимодействия;
- Навыки своевременного использования компьютера.

В операционном стиле мышления подчеркивается *алгоритмическая направленность* этого способа мышления, объединенная с *ИКТ-компетенциями*, то есть способность использовать информационные и коммуникационные технологии для получения, обработки, поиска, оценки, производства и распространения информации для успешной работы и жизнедеятельности в информационном обществе.

Опираясь на работы С.Л. Рубинштейна и О.К. Тихомирова, мышление можно рассматривать как ментальную целенаправленную деятельность для

решения некоторой конкретной задачи. С этой позиции *алгоритмическое мышление* суть мыслительная деятельность, основанная на использовании алгоритмов – последовательностей шагов для достижения определённой цели. Здесь прослеживается аналогия между процессами, необходимыми для решения *основной задачи программирования*, – конструированием одного формального объекта (исполнителя) на базе другого и умственной деятельностью, относящейся к алгоритмическому мышлению. По этой аналогии можно сказать, что *алгоритмическое мышление* включает в себя следующие компоненты: *моделирование, абстрагирование, декомпозицию, разработку алгоритма, оптимизацию, тестирование, отладку* и направлено на решение целевой задачи. Алгоритмическое мышление необходимо любому члену общества и востребовано не только в программировании, так как помогает систематизировать подход к решению задачи, но и также способствует развитию критического мышления, навыков и умений анализа и планирования.

Если трактовка термина *программа* зависит от области применимости и контекста, например, как изложение основных принципов, понятий и целей, то в информационной культуре под термином *программа* понимают план будущих действий.

Следуя А.Г. Кушниренко и Г.В. Лебедеву, для формирования *алгоритмического мышления*, как самостоятельной культурной ценности, необходимо определить замкнутый набор понятий, что не отрицает познавательное значение школьного курса Информатики. При этом по В.Б. Бетелину принцип программного управления может быть понят и осознан учеником только после усвоения достаточно сложной системы научных понятий. Согласно Л.С. Выготскому, осознание любого общего принципа требует комплексного освоения ребенком некоторой системы научных понятий. Принцип программного управления позволяет сформировать такой понятийный аппарат в терминах и образах, понятных ученику вне зависимости от возрастной категории. Последнее позволяет указать возраст дошкольника как сензитивный период, когда ребенок может осваивать основы алгоритмизации и программирования для начала формирования алгоритмического мышления.

По Ж. Пиаже, запоминание ребенком системы научных понятий недостаточно для формирования (алгоритмического) мышления. Необходим логико-математический опыт, направленный на действия и операции, совершаемые ребенком с реальными предметами.

Кроме того, система научных понятий не может быть усвоена в короткий временной промежуток. Согласно теории поэтапного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина, в качестве основы для осуществления действий с самого начала используются не только теоретические концепции, но и практические операции. Знания формируются не через предварительное запоминание, а в процессе применения знаний к решению задач. Это говорит о возможности сформировать набор задач, соответствующих возрастным особенностям учеников, успешное решение которых позволит поэтапно, в широком смысле слова, включая длительные временные периоды, усвоить научные понятия и сформировать алгоритмическое мышление.

Поскольку алгоритмы прежде всего знакомы из математики, то перенесение опыта решения математических задач в программирование приводит к следующей схеме образовательного процесса по Л.Н. Ланда, от обучения алгоритмам, поиска алгоритмов, от общих методов, правил, наборов действий и выбора применимых операций для решения до постановки перед учеником проблемной ситуации, предполагая, что обучаемым будет самостоятельно придумываться алгоритм, правда последнее может находиться в области актуально недоступного.

Вместе с тем, педагогические программные средства позволяют более полно использовать средства вычислительной техники для обучения. Например, возможно применение задач и тестовых материалов для автоматизированной проверки уровня сформированной компетенции при использовании цифровых образовательных сред программирования, включающих в себя все средства поддержки изучаемых языков программирования. Интеграционная методология – системный подход для решения задачи формирования алгоритмического мышления у обучаемых, требует создания *методической системы обучения* с вариативным содержанием обучения, ориентированным на различный возрастной контингент учащихся, которая включает практические методы обучения с большим объемом самостоятельной работы и использует цифровые и предметно-цифровые ИКТ-насыщенные средства обучения и различные формы обучения, ориентированные на возраст и начальный уровень компетенции учеников. Такая методическая система обучения позволила бы учащемуся и педагогу в рамках цифровой трансформации образовательного процесса получать доступ к необходимым методическим средствам, содержанию обучения, различным средствам, поддерживающим вариативность форм обучения, и цифровым средствам обучения и ресурсам на любом уровне обучения и для любого возраста учащихся.

Вышесказанное определяет актуальность заявленной темы исследования **«Интеграционная методология поэтапного формирования алгоритмического мышления при обучении информатике и программированию».**

Практические проблемы исследования состоят в

- необходимости определения сензитивных границ возраста формирования алгоритмического мышления;
- необходимости определить этапность формирования алгоритмического мышления по возрастным группам;
- определить содержание и средства методической системы обучения, целью которой является формирование алгоритмического мышления, что осложняется различным уровнем компетенции в области алгоритмизации и программирования у обучающихся разных возрастных категорий различных учебных ступеней и уровней.

Теоретические проблемы исследования состоят в

- необходимости концептуализации алгоритмического мышления;
- необходимости определения универсального набора задач и понятий для формирования алгоритмического мышления у обучающихся на любом уровне обучения и в любом возрасте;

- необходимости спроектировать методическую систему обучения для форсированного обучения информатике и программированию реализующую процесс поэтапного формирования алгоритмического мышления и с определенными нижними границами сензитивного периода первичного знакомства с основами алгоритмизации и программирования.

Объект исследования. Процесс формирования алгоритмического мышления для учащихся разных возрастных категорий при обучении информатике и программированию.

Предмет исследования. Методическая система поэтапного формирования алгоритмического мышления при обучении информатике и программированию.

Цель исследования. Разработка и экспериментальная проверка в педагогической практике методической системы обучения информатике и программированию, направленной на формирование алгоритмического мышления у учащихся разных возрастных групп.

Достижение цели исследования состоит в решении поставленных проблем:

- разработка системного подхода формирования алгоритмического мышления для учащихся широкого возрастного охвата при обучении информатике и программированию;
- разработка методической системы обучения поэтапного формирования алгоритмического мышления при обучении информатики и программирования с высоким уровнем автоматизации образовательного процесса;
- определение границ сензитивного периода первичного знакомства с основами программирования;
- разработка цифровых средств обучения информатике и программированию, ориентированных на разные возрастные группы и соответствующих этапам формирования алгоритмического мышления.

Гипотеза исследования.

1. Как содержание методической системы обучения, существует такой набор заданий и понятий, успешное поэтапное освоение которых приводит к формированию алгоритмического мышления у обучаемых при условии использования в качестве средств обучения ИКТ-насыщенные цифровые образовательные среды и платформы.
2. Такой набор заданий и понятий является универсальным для успешного формирования основ алгоритмического мышления на всех ступенях обучения (у студентов вузов, включая будущих учителей информатики педуниверситетов, школьников и у дошкольников). Сформированное алгоритмическое мышление едино для учащихся всех возрастов.
3. Возможно понижение границ сензитивного периода первичного знакомства с основами программирования при использовании методической системы обучения с предметно-цифровыми образовательными средами и платформами для обучения информатике и программированию в качестве средств и специальных форм обучения.

Решение поставленных проблем осуществляется в ходе выполнения следующих **задач исследования:**

1. Определить состав алгоритмического мышления и оценить форсированность обучения;
2. Проанализировать закономерности в обучении информатике и программированию в образовательных организациях разных уровней (школа, вуз, дошкольные учреждения), выявить ключевые подходы и методы, способствующие эффективному формированию алгоритмического мышления и навыков программирования у учащихся;
3. Определить набор заданий и понятий, необходимых для поэтапного формирования алгоритмического мышления у учащихся широкой возрастной группы от дошкольников до школьников и студентов;
4. Выявить особенности содержания и форм обучения и разработать методику обучения для понижения границ сензитивного возраста первичного знакомства учеников с элементами алгоритмизации и программирования в методической системе обучения;
5. Разработать предметно-цифровые образовательные среды и платформы в качестве средств и специальных форм обучения информатике и программированию для всех уровней образования – от детских садов до вузов;
6. Осуществить опытно-экспериментальную работу, показывающую возможность понижения границ сензитивного возраста формирования основ алгоритмического мышления при использовании методической системы обучения.

Научная новизна результатов.

1. Выявлены основные составляющие алгоритмического мышления и доказана возможность его формирования при использовании практики освоения набора заданий и понятий.
2. Предложена и проверена методика понижения границ сензитивного возраста первичного знакомства с основами алгоритмизации и программирования, способствующая освоению основных научных понятий процедурного программирования дошкольниками для поэтапного формирования алгоритмического мышления.
3. Спроектирована и экспериментально проверена в педагогической практике методическая система обучения с вариативным содержанием, ориентированным на различный возрастной контингент учащихся, включающая практические методы с большим объемом самостоятельной работы, использующая цифровые и предметно-цифровые ИКТ-насыщенные средства обучения и различные формы, ориентированные на возраст и начальный уровень компетенции учеников, существенно повышающая эффективность систематического освоения информатики и программирования.
4. Разработаны и экспериментально проверены в педагогической практике автоматизированные цифровые и предметно-цифровые образовательные среды, как средства обучения методической системы обучения поэтапного формирования алгоритмического мышления студентов вузов, школьников и дошкольников, начиная с 4-ого года жизни.

5. Проведен массовый анализ результатов раннего знакомства с основами алгоритмизации и программирования в дошкольных образовательных организациях, показывающий существенный прогресс в области алгоритмических навыков и умений. Дети в своей массе (78%) показали высокий познавательный интерес, улучшились навыки пространственной ориентации (60% имеют высокий уровень), большинство детей старших групп (90%) умеют решать предложенный набор задач в ЦОС ПиктоМир. Дошкольники показали метапредметные результаты: умение планировать последовательность шагов алгоритма для достижения цели, осуществлять итоговый и пошаговый контроль по результату, вносить коррективы в действия, ориентироваться в разнообразии способов решения задач, строить логические рассуждения и др.

6. При помощи искусственных нейронных сетей проанализированы результаты автоматизированного обследования различных категорий обучающихся: дошкольников, школьников, студентов вузов, включая педагогические университеты, которые использованы для оценки результатов и корректировки педагогической практики спроектированной методической системы обучения. Экспериментальные группы студентов педагогических университетов при увеличении общего объема заданий одинакового уровня сложности на 20-25% показали двукратный рост успеваемости и достигли теоретического максимума усвоения материала.

Теоретическая значимость. Полученные результаты послужили основанием для понимания состава алгоритмического мышления, возможностью определить компоновку универсального набора задач и понятий, необходимых для поэтапного формирования такого мышления при использовании в качестве средств обучения предметно-цифровых и цифровых образовательных сред, начиная с раннего возраста дошкольников.

Универсальный набор задач и понятий, использованный в педагогической практике в содержании образования методической системы обучения, имеет общее ядро, применимое в обучении от детского сада до общеобразовательных школ и вузов.

Спроектирован исследовательский инструментарий, позволяющий автоматизировано оценивать уровень достижений учащихся в процессе обучения информатике и программированию, индивидуализировать образовательный процесс обучаемых, используя элементы искусственного интеллекта давать опережающие оценки будущих уровней компетенций учащихся. Исследовательский инструментарий, как элемент средств обучения методической системы обучения, может быть использован в цифровой трансформации образовательного процесса не только в области преподавания информатики и программирования, но и для естественно-научных и гуманитарных дисциплин, а также в межпредметных курсах.

Практическая значимость.

Сформулированы основные научные понятия, освоение которых необходимо для формирования алгоритмического мышления.

Сформированы наборы практических заданий, выполнение которых способствует эффективному формированию алгоритмического мышления.

Успешное поэтапное освоение такого набора заданий возможно с раннего дошкольного возраста.

Создана методическая система обучения информатике и программированию, которая может быть использована для обучения учеников различного возраста и уровней компетенций обучаемых.

Разработаны и экспериментально проверены в педагогической практике средства обучения – цифровые образовательные платформы и среды, как компоненты методической системы обучения, позволяющие с высоким уровнем автоматизации обучать информатике и программированию, эффективно и успешно формировать алгоритмическое мышление у обучаемых.

Методология и методы исследования. Проектирование методической системы обучения, включающей содержание, методы, формы и, в качестве средств обучения, цифровые образовательные среды и платформы высокого уровня интеграции для обучения информатике и программированию, которые, как практические приложения, составили основу исследования.

Методологическую основу исследования составили:

теория педагогики (Ж.-Ж. Руссо, К.Д. Ушинский, Я.А. Коменский, И.Г. Песталоцци и др.)

теория деятельности и применения деятельностного подхода в образовании (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.В. Запорожец, Д.Б. Эльконин и др.);

формирование общеучебных умений (Л.Н. Ланда, И.В. Роберт, Р.С. Немов, А.Г. Асмолов, А.М. Пышкало, Н.Н. Поддьяков, И.В. Роберт, А.Н. Поддьяков и др.);

информатизация образования (С.И. Шварцбурд, В.Б. Бетелин, Е.П. Велихов, А.Л. Семенов, С.Г. Григорьев, А.П. Ершов, С.Д. Каракозов, В.В. Гриншкун, А.А. Кузнецов, Т.А. Бороненко, Т.Н. Носкова, А.Ю. Уваров и др.);

теория и методика обучения информатике и ИКТ (В.В. Гриншкун, А.А. Кузнецов, С.Г. Григорьев, С.А. Бешенков, Л.Л. Босова, А.Г. Гейн, А.П. Ершов, В.С. Леднев, А.Г. Кушниренко, Г.В. Лебедев, Ю.А. Первин, И.Г. Семакин, А.Л. Семенов, С.К. Ландо, А.И. Сенокосов, Т.Н. Носкова, Т.А. Бороненко, И.В. Левченко и др.).

На философском уровне методологическую основу исследования составили: системный подход к выявлению основных составляющих алгоритмического мышления, создание методики понижения возраста первичного знакомства с элементами алгоритмизации и программирования, создание методики и дидактических приемов для обучения информатике и программированию, которые могут быть использованы для различного возраста и уровней компетенций обучаемых.

На общенаучном уровне были определены сущностные признаки объекта исследования, позволившие определить границы сензитивного периода для начала формирования алгоритмического мышления.

На конкретно-научном уровне исследования были задействованы методы цифровой дидактики.

На технологическом уровне исследования – методы, методики и технологии применения цифровых образовательных платформ и сред, как основы цифровой трансформации образовательного процесса в Российской Федерации.

В ходе выполнения исследовательских процедур были также задействованы методы наблюдения, изучения и обобщения педагогического опыта воспитателей дошкольных образовательных организаций, учителей и методистов школьных и дополнительных занятий, педагогические инновации в педагогической литературе, ресурсы интернета, материалы конференций и семинаров по теме исследования, а также опыт экспериментальной работы с учащимися разного возраста.

Положения, выносимые на защиту:

1. Основные компоненты алгоритмического мышления, направленные на процесс решения целевой задачи, которые включают моделирование, абстрагирование, декомпозицию, разработку алгоритма, оптимизацию, тестирование и отладку. Эти компоненты могут быть поэтапно сформированы с использованием универсального набора заданий и понятий, подходящих для различных категорий обучающихся, начиная от дошкольников и школьников и заканчивая студентами вузов, включая педагогические университеты.

2. Достижение цели формирования алгоритмического мышления при обучении информатике и программированию включает разработку следующих компонентов методической системы: содержание, методика, формы и средства. Методическая система обучения в качестве содержания включает универсальный набор задач на конструкции структурного программирования, а также базис понятий принципов программного управления. Методическая система обучения использует цифровые образовательные среды и платформы в качестве средств обучения, с вариативными методами и формами обучения, дифференцированными по применениям в детском саду, в общеобразовательных учебных заведениях или в профильных вузах, но имеющие общие универсальные составляющие.

3. Применение текстовых языков программирования с национальной лексикой, близкой к естественному языку, в пропедевтике обучения информатике и программированию для учеников, являющихся носителями национального языка, даёт возможность начать обучение одновременно с изучением чтения и письма, ещё до того, как начнётся освоение иностранного языка. Такой национальный учебный алгоритмический язык интегрирован в качестве содержания и средства обучения методической системы обучения в цифровую образовательную среду, допускающую адаптацию под языки народов России.

4. Использование в методической системе обучения универсального набора задач и понятий (содержание обучения), предметно-цифровой образовательной пиктографической среды ПиктоМир (средство обучения), бескомпьютерной формы обучения и методики обучения с элементами искусственного интеллекта позволяет понизить границы сензитивного периода при пропедевтике информатики и программирования до возраста детского сада начиная с 4-ого года жизни.

5. Применение в методической системе обучения выделенных универсальных наборов задач и понятий в сочетании с цифровыми образовательными средами «ПиктоМир», «ПиктоМир-К» и «КуМир» значительно сокращает время на освоение фундаментальных понятий информатики и программирования, а также эффективно формирует алгоритмическое мышление у учащихся всех возрастов – от подготовительных групп детских садов до студентов вузов, включая педагогические университеты.

Достоверность результатов обеспечивается результатами проведенных экспериментов при обучении информатике и программированию дошкольников (более 12000 в течении одного года), школьников и студентов вузов, обсуждения полученных результатов на семинарах и конференциях, а также их публикации.

Результаты экспериментальной работы. Эксперименты проходили в более чем 750 различных дошкольных образовательных организациях и общеобразовательных организациях в рамках программы работы сетевых инновационных площадок ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме «Апробация и внедрение основ алгоритмизации и программирования для дошкольников и младших школьников в цифровой образовательной среде ПиктоМир».

Методическая система обучения в педагогической практике (более 12 тысяч дошкольников ежегодно осваивают основы информатики и программирования) показала, что наполнение содержания обучения заданиями и использование методики обучения, основанной на построении схемы связки алгоритмических учебных языков с производственными языками программирования, даёт положительные результаты. В рамках этой методики учащиеся начинают с изучения пиктографического языка в цифровой образовательной среде «ПиктоМир», затем, соответственно возрасту, переходят к текстовому школьному алгоритмическому языку в «КуМире», и в итоге осваивают производственный язык Python в профильном обучении. Такой подход позволяет постепенно наращивать сложность заданий и поэтапно формировать алгоритмическое мышление. Применение цифровых образовательных сред «ПиктоМир» и «КуМир», интегрированных в цифровую образовательную платформу «Мирера», которая использует искусственные нейронные сети и предлагает вариативные формы обучения в виде индивидуальных образовательных траекторий, способствует повышению качества и ускорению освоения предмета. Оценка процесса решения задач и целенаправленная подготовка будущих учителей информатики с применением этой методики обучения показала двукратный рост успеваемости, которая достигла теоретического максимума усвоения материала.

Эксперименты проходили в учебном процессе следующих образовательных организаций: в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова на механико-математическом факультете, в Московском педагогическом госуниверситете (МПГУ), в Государственном университете управления, в НИЦ «Курчатовский институт» с использованием цифровой образовательной платформы Мирера, а также в работе кафедры ДПО ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН при переподготовке специалистов системы дошкольного и школьного и вузовского образования.

Подготовлены десятки электронных курсов для педагогических университетов, вузов, курсов повышения квалификации в рамках образовательной программы кафедры дополнительного профессионального образования ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. Методические рекомендации по использованию разделов курса информатики по основам алгоритмизации и программирования были использованы в системе основного и дополнительного образования. Основные положения диссертационного исследования были представлены: в публикациях, отражающих комплексную реализацию результатов в дошкольных образовательных организациях, основной и начальной школы, в педагогических вузах и вузах естественно-научной ориентации; в практической исследовательской деятельности в виде результатов грантов:

Фонда президентских грантов № 22-1-008068 «Дошкольное воспитание: новые ориентиры для педагогов и родителей», 2022-2023 гг.

Фонда президентских грантов № 23-2-003889 Просветительский марафон "В авангарде детства": передача традиционных российских духовно-нравственных ценностей от поколения к поколению, 2023-2024 гг.

РФФИ 18-07-00901 «Исследование и разработка системы распознавания элементов рукотворного интерьера на базе нейронных сетей для построения дополненной реальности и выработки алгоритмов взаимодействия управляемых объектов с реально-виртуальным окружением», 2018-2020 гг.

РФФИ 19-29-14057 «Применение машинного обучения и нейронных сетей для построения динамических персональных траекторий обучаемых и автоматической верификации правильности выполнения заданий в цифровых образовательных системах», 2019-2023 гг.

Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались более чем на 90 международных, всероссийских, региональных конференциях, форумах, симпозиумах, семинарах и экспертных совещаниях разного уровня, включая:

Всероссийский съезд учителей математики в МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, 2010, 2021, 2023.

Международная научно-практическая конференция "Информационные технологии в образовании XXI века, г. Москва, 2015.

ИТО-РОИ, Большой московский семинар по методике раннего обучения информатике, г. Москва, 2007, 2009, 2012, 2013.

Всероссийская конференция «Свободное программное обеспечение в высшей школе», г. Переяславль-Залесский, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022.

Открытая Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации», г. Петрозаводск, 2010.

Международная конференция «Разработка ПО/SECR», г. Санкт-Петербург, г. Москва, 2017, 2018,

Международная конференция "Воспитание и обучение детей младшего возраста" (ЕССЕ), г. Москва, 2018, 2019, 2020.

Международная научная конференция "Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании", г. Красноярск, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024.

Российско-китайская конференция исследователей образования «Цифровая трансформация образования и искусственный интеллект», г. Москва, 2019.

Международная научно-практическая конференция "Smart Nations: глобальные тенденции цифровой экономики", г. Москва, 2021.

Московский международный Салон образования, г. Москва, 2021, 2022, 2023, 2024.

Computational Methods in Systems and Software 2022 (CoMeSySo2022) conference «Вычислительные методы в системах и программном обеспечении», г. Прага (Чехия), 2022, 2023.

Международный форум по математическому образованию, IFME, ПФУ, г. Казань, 2023, 2024.

Всероссийский образовательный форум "Невская Образовательная Ассамблея", г. Санкт-Петербург, 2023, 2024.

Международная ежегодная научно-практическая конференция "Новые образовательные стратегии в открытом цифровом пространстве, г. Санкт-Петербург, 2022, 2023, 2024.

II Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы подготовки современного учителя начальных классов», г. Москва, 2024.

Всероссийский педагогический съезд «Моя страна», г. Санкт-Петербург, 2022, 2023, 2024.

Всероссийский научно-практический семинар «Инновационные подходы в естественно-научном образовании. STEAM-образование: от дошкольника до выпускника вуза», г. Нижний Тагил, 2022, 2023, 2024.

Наука и образование в обеспечении устойчивого развития человеческого потенциала в условиях перехода к цифровой экономике, г. Пермь, 2024

Результаты исследования отражены в 77 научных публикациях, в том числе: в 31 статье в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, из них в 17 статьях, рекомендованных МГУ имени М.В. Ломоносова, 1 монографии, 10 учебных пособиях и методических рекомендациях.

Опытно-экспериментальной базой исследования являлись площадки всероссийского уровня в дошкольных образовательных организациях, организациях общего образования под эгидой ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, а также институт Детства Московского педагогического государственного университета.

Этапы и экспериментальная база исследования.

На этапе сбора материалов и постановки проблемы исследования (1996 – 2006 гг.) изучалась степень проработанности проблемы в отечественных и зарубежных материалах исследований, изучался отечественный и зарубежный опыт информатизации образования, анализировались основные направления информатизации учебно-воспитательного процесса в школе и дошкольных

учреждениях, в том числе подходы к раннему обучению дошкольников и младших школьников в рамках непрерывного курса по информатике, изучалось современное состояние педагогических программных продуктов, их применимость для оценки компетенций и формирования портфеля достижений учащихся в области информатики и ИКТ. Изучалась возможность формирования мотивационных личностных ресурсов и алгоритмического мышления в процессе пропедевтического обучения школьников информатике и ИКТ. Проводился анализ педагогической, психологической и культурологической литературы. Был проанализирован опыт подготовки учителей основного и среднего образования, работающих в классах с уклоном в области информатики в рамках непрерывного школьного курса. Изучались основные направления развития методической системы обучения информатике, программированию и информационным технологиям дошкольников, школьников и студентов вузов. Разрабатывалась и реализовывалась цифровая образовательная среда КуМир как средство обучения основам программирования школьников, изучались возрастные границы применения педагогического программного средства.

Этап формирования задачи и подбора методик (2007–2016 гг.) характеризуется созданием методических материалов, когда уточнялись основные теоретические положения формирования алгоритмического мышления в рамках раннего обучения дошкольников и школьников информатике и программированию, разрабатывалась программа пропедевтического курса по алгоритмике для дошкольных учреждений и для 1-4 классов начальной школы, содержание учебных материалов и методических пособий, разрабатывались и реализовывались средства обучения, как компоненты методической системы обучения, для дошкольников и младших школьников: цифровая образовательная пиктографическая среда ПиктоМир, модифицировалось педагогическое средство для освоения основ программирования школьниками – цифровая образовательная среда КуМир, цифровые образовательные ресурсы для оценки компетенций и накопления информации по достижениям учащихся, писались учебники и методические пособия, разрабатывались методические и дидактические подходы к преподаванию пропедевтического курса информатики и программирования в дошкольных образовательных организациях, организациях общего образования. Результаты отражены в методических пособиях и ряде методических статей. Подготовлены программы повышения квалификации по методике преподавания информатики и программирования с использованием средств обучения ЦОС КуМир и ЦОС ПиктоМир в дошкольных организациях и организациях общего образования для учителей информатики, математики, физики и других предметов.

Этап экспериментальной работы состоял в перенесении результатов исследования в практику основного и дополнительного образования 2017 – 2022 гг. и сопровождался практической исследовательской деятельностью и публикациями результатов практических работ по вопросам формирования алгоритмического мышления, формирования набора заданий, формулирования основных понятий программирования для раннего знакомства с основами алгоритмизации и программирования. На этом этапе были спроектированы и

реализованы средства обучения, как компоненты методической системы обучения: блочная цифровая образовательная среда ПиктоМир-К, как элемент ступенчатой поэтапной методологии обучения для формирования алгоритмического мышления у студентов педагогических вузов и школьников, цифровая образовательная платформа Мирера, как средство обучения с применением вариационных форм для обучения информатике, программированию и другим естественно-научным и гуманитарным предметам студентов вузов и старших школьников. Цифровая образовательная платформа Мирера, как компонент методической системы обучения, позволяет использовать методики и формы обучения, включающие индивидуализацию образовательного процесса, используя автоматизированный контроль решения задач различного типа и предметов, формирование цифрового следа обучаемого с последующим анализом образовательного процесса при помощи элементов искусственного интеллекта. Разработанные цифровые образовательные платформы и среды явились частями единой методической системы обучения.

Этап оформления и подготовки к защите результатов проведенного исследования 2023 – 2024 гг. освещен в теоретических публикациях, проводились теоретическое осмысление, систематизация и обобщение полученных результатов, оформление работы.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений.

Основное содержание диссертации.

Введение диссертации посвящено обоснованию выбора темы исследования, которая связана с актуальной проблемой в области теоретической и практической педагогики. Рассмотрены основные аспекты, которые делают данную тему важной для исследования, а также определены цель, объект и предмет исследования. Гипотеза и задачи диссертации сформулированы таким образом, чтобы достичь поставленной цели и решить проблемы, которые стоят перед исследователем. Описаны методы, которые были использованы в ходе исследования и перечислены основные положения, которые будут защищены на защите диссертации. Особое внимание уделено научной новизне диссертации, которая заключается в разработке новых подходов к решению проблемы, а также в создании новых знаний в данной области.

В главе 1 рассматриваются теоретико-методологические основания формирования алгоритмического мышления.

Специфика момента состоит в том, что субъекты современного образования находятся в окружении стремительно развивающихся цифровых технологий, использование которых приводит к коренной перестройке образовательного процесса, особенно в области информационного взаимодействия между обучающимся и педагогом, функции которого может заменить некая автоматизированная обучающая система. Непрерывное развитие цифрового мира приводит к необходимости постоянного совершенствования подобных систем, рассматривая их в разрезе как помощника педагога-человека. Совершенствование

педагогических программных продуктов требует дополнительной отдачи от педагога-человека для перепроектирования интерактивной педагогической системы на базе новых цифровых информационных технологий. Таким образом, общая нагрузка на педагога, как учителя и педагога-разработчика таких систем суммарно не уменьшается, а возрастает, хотя целью создания подобных педагогических автоматизированных систем было снизить рутинную нагрузку на преподавателя. При этом цифровое образование должно продолжать выполнять свою основную задачу.

Успехи обучения в том или ином предмете часто зависят от физических возможностей ученика и от ментальных и когнитивных характеристик личности, часто отождествляемых со способностями. Сложность в построении универсального образовательного метода связана с такими различиями в учениках. Универсальность дидактического подхода обучения для конкретного ученика не всегда может гарантировать его успешный результат. Снижая рамку уровня образования, все больше учеников становятся способны сформировать требуемые навыки. Однако тем самым из образовательного процесса исключается та часть обучающихся, которые изначально были готовы быстрее освоить навыки и сформировать умения. Гармоничное развитие индивидуума может помочь решить эту проблему, когда на уроке для учителя все дети обладают равной восприимчивостью и способностью к обучению.

Образовательный процесс должен быть построен педагогом так, чтобы интерес к обучению исходил от ребенка, а педагог в режиме диалога раскрывал ученику истины, свойства предметов и окружающего мира, который последний мог увидеть, услышать, осязать и т.п., то есть воспринять своими органами чувств. Фактически речь идет о предметной учебной среде, которую должен наблюдать и исследовать ребенок. Эта окружающая среда по завершении каждого цикла успешного освоения учеником должна расширяться, дополняясь новыми объектами и явлениями, готовая для нового уровня обучения.

Все предыдущие рассуждения были связаны с вопросами сохранения основы образовательных процессов при подходе к вопросу автоматизации обучения. Вопросы влияния вычислительной техники на образовательный процесс были в фокусе внимания еще в 1960-х годах, прежде всего в области автоматизации труда педагога. Автоматизация деятельности или части деятельности человека часто может быть выражена вербально в виде записи мыслей, приемов, планов, алгоритмов и т.п. Уровень формализации таких записей и рассуждений не всегда возможен, в противном случае в информационном веке можно было бы перепоручить обучение и воспитание автоматическому устройству в предположении, что такое устройство сумеет достичь гарантированных результатов при выполнении формализованных учебных действий.

В образовательном процессе необходимо использовать автоматизированные педагогические образовательные системы, которые реализуют индивидуализацию и автоматический контроль учебного процесса. Роль педагога в такой связке меняется, и фактически учитель в цифровой образовательной системе становится наблюдающим за автоматизированным учебным процессом и управляющим им.

Важность изучения алгоритмов нельзя переоценить. Так, изучая алгоритмы и решая задачи, ученик формирует новый тип мышления, который предварительно можно называть алгоритмическим. Если необходимость в автоматизированных обучающих средствах и системах уже зафиксирована, то вопрос поэтапного формирования алгоритмического мышления остается открытым. Нет ничего плохого в обучении алгоритмам, потому что, например, многим в жизни приходится четко следовать определенным алгоритмам в своей работе. Правильный образовательный процесс требует, чтобы ученик самостоятельно изобрел как можно больше алгоритмов для решения тех или иных задач. Формализация этих задач позволит перепоручить проверку ученических решений автоматизированной системе вне зависимости, о каком из предметов здесь идет речь.

Еще в 1970-х годах была доказана актуальность нового школьного предмета, дав конкретную формулировку целей информатизации школьного образования и обоснована необходимость формирования нового стиля мышления у подрастающего поколения. Этот стиль мышления должен соответствовать требованиям информационного общества, когда общество становится информационным, то есть с того момента, когда стоимость одного книжного типографского знака начинает превышать цену хранения одного печатного символа в памяти компьютера. Была поставлена задача построения модели выпускника эпохи информационного общества, понимая под моделью совокупность знаний, умений и навыков, которыми должен владеть выходящий из школы современный молодой человек. При этом выбор в качестве прототипа такой модели пал на программиста, как человека, который существенно в большей степени, чем любой другой специалист, всей своей повседневной как в рутинной, так и в творческой деятельности формировал в себе умения и навыки, помогавшие ему наиболее эффективно использовать вычислительную технику:

- умение планировать структуру собственных действий;
- умение строить информационные модели;
- умение организовать поиск информации;
- дисциплина и структурированность общения;
- навыки своевременного использования компьютера.

Важность вышеперечисленных знаний, умений и навыков является закономерной, и имеет непосредственную связь с умениями и навыками существенно более важными и широкими, общечеловеческими, общекультурными и социальными. Было предложено использовать термин операционный стиль мышления, в котором подчеркивалась алгоритмическая направленность этого способа мышления, позволяющая сегодня употреблять термин «алгоритмический стиль мышления» в случаях, когда речь идет о важнейшем педагогическом назначении школьной информатики. Важным аспектом является операциональная сущность, благодаря которой представления о прикладных аспектах школьной информатики совмещают с понятием информационных технологий. Вместе с тем ясно, что операционный стиль мышления представляет собою дидактическую категорию, более широкую, чем алгоритмика и информационные технологии, рассматриваемые по отдельности.

В современном мире часто пытаются сопоставлять вычислительное и алгоритмическое мышление, алгоритмическую и вычислительную культуру. Принято считать, что впервые термин вычислительное мышление (англ. *computational thinking*) появился у Симора Пейперта. Основываясь на различных трактовках термина вычислительное мышление можно сказать, что такой тип мышления достаточно близок к математическому и алгоритмическому.

Если вычислительное мышление и не является полноценным синонимом алгоритмического мышления, то во многом оно базируется на алгоритмическом мышлении, которое, в свою очередь, как результат познавательного и созидательного образовательного процесса индивидуума, обеспечивает его интериоризацию, фактически осуществляя приращение культуры последнего. Таким образом, вопрос о соотношении алгоритмического мышления и алгоритмической культуры может рассматриваться как последовательность целенаправленного формирования алгоритмического мышления, изменение внутренних структур человеческой психики, в том числе посредством усвоения внешней социальной деятельности. Вышеперечисленное приводит к созданию устойчивого нового культурного опыта, то есть, в частности, к культурному содержанию – алгоритмической культуре. То же верно и для вычислительного мышления и вычислительной культуры. Задача оценивания уровня алгоритмической и вычислительной культуры достаточно сложна, так как не дает явной дискретной оценки.

Вычислительное мышление в любой его самой узкой формулировке не может быть сформировано без фундамента, которым является алгоритмическое мышление в самой простой формулировке – как методика решения задач. Важно отметить, что практика такого мышления основана на использовании алгоритмов, последовательностей шагов для достижения определённой цели, включающих, но не ограничивающихся процессами основной задачи программирования, конструированием одного формального объекта на базе другого: моделирование, абстрагирование, декомпозиция, разработка алгоритма, оптимизация, тестирование и отладка. Однако алгоритмическое мышление полезно не только в программировании, так как помогает систематизировать подход к решению задачи, но и способствует развитию критического мышления, навыков и умений анализа и планирования. При этом важнейшая методика формирования алгоритмического мышления представляет собой практическое программирование дидактически подобранного набора задач, которое позволяет гарантировать формирование требуемых способностей у ученика.

Формирование алгоритмического мышления, а также вычислительного мышления сегодня невозможно рассматривать в отрыве от процесса цифровой трансформации преподавания всех дисциплин: математики, физики, химии и других естественно-научных, а также гуманитарных предметов. Особо надо выделить значимость алгоритмического мышления для практических инженерных STEM-предметов, естественных наук, технологии, инженерии и математики, для которых программирование является естественным объединяющим ингредиентом этих дисциплин. В рамках разнообразия предметов, для которых важным фактором является сформированное алгоритмическое мышление, можно говорить об

изменениях в дидактике, возможности создания новых интеграционных методик, которые выводят на новый уровень эффективности образовательный процесс благодаря возможностям, предоставляемым цифровыми технологиями, включая коммуникационное взаимодействие через сеть Интернет, искусственный интеллект и пр.

Парадигма программного управления исполнителями состоит в определении взаимодействия участвующих в процессе выполнения программы объектов. Универсальным понятием курса является программный исполнитель, для начинающих осваивать алгоритмику дается синоним этого определения – робот, как исполнитель команд, обладающий фиксированным набором – системой команд. Робот-исполнитель характеризуется обстановкой, в которой «работает», а также способностью аварийного завершения при исполнении текущей команды в данной обстановке.

Алгоритм – это пошагово описанный план будущих действий по управлению исполнителем (роботом) с целью достижения определенного результата, сформулированного в задании.

Выполнение алгоритма – процесс последовательной выдачи команд роботу-исполнителю в соответствии с заранее выработанным планом.

Программа – алгоритм, записанный в некоторой форме, которая позволяет поручить выполнение алгоритма компьютеру или другому автоматическому устройству. В процессе выполнения программы явно проявляется функциональное разделение объектов: робот – исполнитель команд, компьютер – исполнитель программ; программист – составитель программ. При этом язык программирования – это, по сути, конкретный набор правил составления программ для выполнения записанного алгоритма компьютерами определенного типа.

Замена одного понятия в педагогическом программном средстве на уже известное учащемуся позволяет сократить набор обязательных терминов, необходимых для освоения программного продукта для решения поставленной учителем задачи, что, в свою очередь, существенно влияет на время, затрачиваемое учащимися при изучении нового программного продукта.

Замкнутый набор понятий, необходимый для освоения основ программирования, возможно сформировать таким образом, чтобы освоение его было доступно даже дошкольникам. Анализ достигнутых результатов в изучении основ программирования и практический опыт работы как со школьниками, так и со студентами университетов помог выявить основные понятия императивного программирования, которые также были использованы при обучении детей и могут быть освоены даже дошкольниками в деятельностно-игровой форме.

Формирование алгоритмического мышления крайне важно и для критического, осознанно управляемого человеком мышления, что потребует построения и внедрения компетентностно-ориентированного индивидуализированного образовательного процесса, что невозможно без систематического использования ИКТ-насыщенных цифровых образовательных сред.

Глава 2 посвящена методологии преподавания основ алгоритмизации и программирования с использованием учебных языков.

Национальные языки программирования, синтаксис которых не основан на английском, являются репрезентативными в том смысле, что они широко использовались в обучении. Эффект использования национальной лексики в учебных языках программирования вносит позитивную коннотацию для обучаемых на начальном этапе освоения сложного предмета программирования.

Учебные языки программирования развивались как в России, так и за рубежом. Учебный язык программирования Kotodama (Kotodama on Squeak) представляет собой национальную версию проекта Squeak. Лексика не только упрощает понимание японскими студентами текста программы, но и по предложению авторов разработки обучает новичков грамоте и межпредметным связям.

Учебный язык программирования LSE был создан в 1967 году в Центре исчисления при Высшей школе электричества (Center of Calculus at the Higher School of Electricity), он являлся основным средством освоения основ программирования во Франции в прошлом веке и предназначался больше для студентов университетов, нежели для детей. Основная особенность языка была в национальной лексике управляющих конструкций и последовательной интерпретации команд, подобно современному производственному языку программирования Python.

Задача массовой и высокоэффективной подготовки преподавателей нового предмета летом 1985 года привела к разработке специалистами механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова компьютерного интерактивного практикума, названного «Е-практикум», впоследствии переименованная в КуМир (Комплект Учебных МИРов).

В процессе редактирования написанной учеником учебной программы в цифровой образовательной среде (ЦОС) КуМир происходила автоматическая проверка синтаксической правильности программы, при этом имелась возможность за одно нажатие клавиши осуществлять вставку основных управляющих конструкций языка, что также существенно снижало количество синтаксических ошибок и опечаток в программе. КуМир поддерживал основных программных исполнителей Робот и Чертежник, которые используются в задачах основных отечественных учебников по информатики и ИКТ. КуМиром стали также называть не только учебную систему программирования, но и сам язык. КуМир работал и работает на всем многообразии вычислительной техники СССР и России.

Обучение основам программирования и алгоритмизации в ИКТ-насыщенном современном мире не может проводиться без соответствующей цифровой (компьютерной) образовательной среды, комфортной для новичка и избавленной от непроизводительных расходов, которая должна включать не только продуманный набор заданий для формирования основ алгоритмического мышления, но и иметь собственный набор дидактических приемов.

Термин ООП подчеркивает первичность объектов над действиями и алгоритмами. Хотя на практике важны и алгоритмы, и объекты: и те, и другие надо уметь структурировать и иметь средство для работы с ними. При этом само понятие исполнитель более широко по своему значению. Под исполнителем понимается не только конструкция школьного алгоритмического языка ЦОС КуМир, но и

человек, автомат или прочее устройство или группа устройств, связанных общими свойствами и имеющих навсегда фиксированную систему команд. К важным свойствам исполнителя является его «незнание» об управляющей им системе, что в ООП именуется абстрагированием. Таким образом, в языке КуМир вводится четыре фундаментальных понятия информатики и программирования:

Действия -> Команды (Циклы) -> Вспомогательные алгоритмы

Объекты -> Величины (Таблицы) -> Исполнители

Первые два понятия отражают методы записи действий и объектов (в частности, большого количества действий и большого количества объектов). Вторые – отражают фундаментальные приемы структуризации, которые человечество выработало за последние годы. Эти понятия просты и доступны школьникам, могут быть поняты и освоены в процессе решения задач, и все вместе образуют фундамент, на котором можно развивать и внутренние способности человека к алгоритмическому мышлению, и понимание реальностей окружающего мира. Освоив основные понятия современной информационной культуры, можно развиваться в разных направлениях: от изучения способов конструирования структур данных и новых языков программирования до решения более сложных прикладных задач.

Можно утверждать, что ЦОС КуМир может занимать вполне заслуженное место в профильном обучении в начальном курсе ООП. При этом использование ЦОС КуМир позволяет существенно упростить процесс обучения, сократить число затрачиваемых на темы часов и, что наиболее важно, показать учащимся закономерность возникновения ООП и продемонстрировать его положительные, фундаментально философские качества – инкапсуляцию, полиморфизм и наследование.

Особенности школьного алгоритмического языка, позволяющие ему быть востребованным в школьных и вузовских преподавательских курсах программирования, можно свести к 4-м главным:

- 1) изначальная нацеленность на учебный характер языка и на достижение низкого порога вхождения,
- 2) русскоязычная лексика,
- 3) поддержка внешних исполнителей,
- 4) консервативность синтаксиса и семантики, близость к проверенному учебному языку Паскаль (Pascal).

Начиная осваивать программирование, ученик должен сосредоточиться на продумывании алгоритма задания и использовании учебного языка программирования (школьного алгоритмического языка), интегрированного в простейшую, дружественную к обучаемому среду исполнения (ЦОС КуМир), которая предоставляет средства для эффективной отладки и проверки правильности выполненного задания. То есть ученик придумывает алгоритм, минимально преодолевая сложности, связанные с записью алгоритма на еще не освоенном языке программирования в неосвоенной среде программирования, и запускает программы в этой среде программирования, получая адекватную информацию о правильности выполнения задания с возможностью оперативного исправления ошибок.

Школьный алгоритмический язык, интегрированный в цифровую образовательную платформу КуМир с возможностью автоматизированной проверки учебных заданий и поддерживающий, как и императивные производственные языки программирования, парадигмы процедурного и объектно-ориентированного программирования, сыграл и играет определенную существенную роль в образовании России. В 1980-1990-х годах в СССР учебник был переведён на молдавский язык, в том числе и школьный алгоритмический язык и ЦОС КуМир. Однако этот опыт был единичным, и в настоящее время школьный алгоритмический язык поддерживает фактически единственный государственный язык России – русский, который изучают абсолютно все школьники страны.

Игнорировать национальное достояние, культуру, традиции любой малой народности недопустимо. Это прямой путь к сегрегации – политике принудительного отделения какой-либо группы населения. Без сомнения, дети должны иметь возможности для обучения в начальной школе на родном языке своей народности. В учебные планы большинства национальных начальных школ включаются несколько одновременно изучаемых языков: реже – два, чаще – три (родной, русский, иностранный). ФГОС НОО, ФГОС ООО, ФГОС СОО обеспечивают сохранение и развитие культурного разнообразия языкового наследия народов России, реализацию права на изучение родного языка, возможности получения образования на родном языке, овладение духовными ценностями и культурой многонационального народа Российской Федерации.

В главе 3 обсуждается методология понижения возраста первичного знакомства с основами программирования. Основная цель начального курса программирования – развитие алгоритмического стиля мышления, что является для новичка самостоятельной и достаточно сложной задачей. Важно, чтобы в начале курса для ученика выделялись чисто алгоритмические проблемы, свободные от сопровождающих их сложностей смежных предметов. Также не менее важно, чтобы иные технические или лингвистические трудности также были за пределами занятий. То есть максимально очистить и упростить понятийную базу, доступную для освоения школьникам, дошкольникам, новичкам. Генезис исполнителя Робот является следствием предыдущего тезиса, потому что для понимания и осознания Робота и, естественно, управления им не требуется дополнительных затрат на изучение объекта, так как он находится в зоне актуального развития. Для визуального программирования удобен не Робот из ЦОС КуМир, а упрощенная модель с ограниченной системой команд – Вертун из ЦОС ПитктоМир.

ЦОС ПиктоМир и курс программирования для дошкольников на ее основе построены на метафоре программного управления объектами реального мира. ЦОС ПиктоМир позволяет управлять как настоящими роботами, так и виртуальными, однако методологически виртуальные роботы и виртуальные сцены объясняются детям и отображаются на экране, как модели реальных роботов и реальных сцен. Поэтому, в отличие от систем Blockly Games и Scratch Junior, ЦОС ПиктоМир нацелена на поддержание быстрого освоения в пиктограммной бестекстовой форме базовых конструкций современных языков программирования, так называемых конструкций структурного программирования, а также их общеупотребительных сочетаний. В системе дошкольного образования РФ

индивидуальная или коллективная работа с электронными средствами обучения (экранами) в образовательном процессе для детей до 5 лет запрещена федеральными санитарными нормами. Это одна из причин, по которой ЦОС ПиктоМир был изначально ориентирован на работу в реальном мире с настоящими игрушечными роботами и безэкранным программированием путем кинематического составления программ из материальных объектов.

ЦОС ПиктоМир и язык «Пикто» поддерживает набор из десятка конструкций и понятий. Все описание языка Пикто для дошкольников составлено в графической форме и состоит из пары компактных картинок, которые используются после освоения конструкций на примерах.

С помощью «Волшебного Кувшина» ребенок может создавать программы, использующие счет. В языке Пикто осознанно отсутствуют средства ввода-вывода текста, информационных или звуковых сообщений. В ограниченной степени такой ввод / вывод может быть организован с помощью команд-приказов и команд-вопросов роботов, которыми управляет программа.

ЦОС ПиктоМир поддерживает режим составления детьми программ из материальных объектов, распознаваемых программными модулями искусственного интеллекта. Поэтому в процессе знакомства детей с программированием в УМК ПиктоМир были перенесены все возможные элементы из виртуального мира в настоящий.

Программное управление может проводиться как с обратной связью, так и без обратной связи. Поэтому во вневозрастном курсе для новичков принцип программного управления необходимо излагать двухэтапно. Многолетний опыт работы с начинающими показал, что первый этап, программное управление без обратной связи, должен проходить максимально подробно, так как является фундаментальным и более сложным, чем второй этап, на котором вводится обратная связь.

Игры и миры цифровой образовательной среды ПиктоМир помогают детям лучше понять логические операции и последовательности действий. Приобретение ребенком умений успешно решать задачи в ЦОС ПиктоМир не приводит автоматически к целостному освоению системы научных понятий программирования и к ускорению речевого развития детей. Ускорение речевого развития детей на материале программирования должно ставиться как самостоятельная, самоценная задача.

На основании проведенных исследований на ежегодных занятиях с детьми с четвертого года жизни более чем в 750 дошкольных образовательных организациях, младшей школы и педуниверситетах можно констатировать, что роботы-исполнители цифровой образовательной среды ПиктоМир могут также использоваться как пропедевтика объектно-ориентированного программирования в профильных и университетских курсах программирования и информатики. При использовании линейки всех усложняющихся исполнителей можно выстроить методический переход от пропедевтического курса информатики через основной курс к профильным курсам.

Исследования в области педагогики и психологии указывают на то, что коллективные занятия могут иметь значительное преимущество перед

индивидуальными занятиями в образовательной среде. Когда учащиеся работают в группах, они могут обмениваться идеями, объяснять друг другу задание, задавать вопросы, тем самым развивать навыки сотрудничества, кооперативного мышления, что способствует не только более глубокому пониманию осваиваемого материала, но и развитию социальных навыков.

При этом в коллективных занятиях могут использоваться два основных подхода: кооперативное обучение и состязательное обучение. В кооперативном обучении учащиеся работают вместе для достижения общей цели, обмениваясь знаниями и опытом. Этот подход способствует развитию коммуникативных навыков, уважению к точке зрения других и разделению ответственности. С другой стороны, состязательное обучение может стимулировать мотивацию учащихся через соревновательные элементы. Однако при этом важно учитывать индивидуальные особенности каждого ученика, чтобы избежать негативного влияния на самооценку. Эффективное обучение часто включает в себя комбинацию кооперативных и состязательных методов, а также учитывает возрастные особенности учащихся для достижения оптимальных результатов. Такие кооперативные олимпиады по программированию называют алгоритмиадами.

Для повышения интереса детей к предмету можно создать и включить в курс компьютерные задания нового типа, вносящие вариативность в занятия. В отличие от большинства задач, выполнение этих заданий требуют предварительной подготовки своих инструментов (вспомогательных алгоритмов), а не обычного составления программы управления роботом.

Эти вспомогательные алгоритмы необходимо составить заранее, а саму задачу ученик будет решать в режиме пультового управления без создания программы управления роботом. Комплекс ЦОС ПиктоМир включает в себя цифровую среду «КубоРобот», которая может не только использоваться в курсах по основам программирования, но и иметь самостоятельную ценность как отдельное педагогическое программное средство для формирования элементов алгоритмического мышления у учеников в рамках других курсов. Так, методическая ценность КубоРобота состоит в помощи детям в понимании и усвоении одного из фундаментальных понятий программирования – концепции вспомогательного алгоритма.

В КубоРоботе ученики решают задачу, состоящую в нахождении самого быстрого способа прохождения лабиринта из заданной на карте точки старта к финишу, используя пультовое, непосредственное управление роботом. Задача ученика заключается в составлении двух вспомогательных алгоритмов с именами А и Б, которые он предполагает использовать в конкретной обстановке данного задания. На втором этапе ребенок использует уже придуманные им алгоритмы А и Б и управляет роботом Вертуном для максимально быстрого достижения финиша.

У дошкольников и также у младших школьников для формирования основ алгоритмического мышления можно использовать игры-имитации со сложными и простыми управляемыми объектами, например, роботами, которые находятся в некоторой обстановке и выполняют внешние команды по определенным правилам. Эта деятельность включается в дополнительную или парциальную программы для освоения детьми команд реальных и виртуальных роботов ЦОС ПиктоМир.

Основная задача для методологов состоит в компоновке правил, которые определяют наполнение обстановки и управление роботами, а также в подборе сложности и оптимизации (минимизации) соответствующего объема информации, которого необходимо освоить дошкольнику. Когда ребёнок составляет программы для роботов с простым поведением, он в основном сосредоточен на разработке алгоритма. Хотя технически составить готовый алгоритм из пиктограмм может быть сложно, эта сложность сравнима с управлением интуитивно понятным роботом с очевидным поведением. При составлении программ для роботов со сложным поведением ребёнку приходится приложить больше усилий для понимания сложной обстановки и её структуры, то есть для осмысления всех исходных данных задачи. Однако педагогический опыт показывает, что такие задачи вполне доступны детям 6–7 лет, которые уже овладели азами программирования. Это значит, что подобные задачи находятся в зоне ближайшего развития этих детей.

Сложность заданного фиксированного алгоритма можно определять с точки зрения процесса его выполнения динамически, как количество операций, которые алгоритм выполнит для успешного решения задачи при наиболее неблагоприятных данных заданной длины. Однако с точки зрения алгоритмической практики важно количество алгоритмов-кандидатов (кандидатов на верное решение поставленной задачи), которые обучаемый может сгенерировать в предложенной ему среде программирования при соблюдении наложенных извне ограничений на процесс составления. Это количество алгоритмов-кандидатов называют комбинаторной сложностью задачи на составление алгоритма в условиях выполнения обучаемым заданного способа построения алгоритма.

В ЦОС ПиктоМир предложен новый геометрически интуитивный способ радикального уменьшения комбинаторной сложности задач на составление алгоритмов в пиктограммных средах программирования – метод шаблонов. Метод шаблонов состоит в предоставлении новичку шаблона-подсказки для составления алгоритма решения задачи. В каждом шаблоне используется геометрическое представление синтаксических и семантических особенностей пиктограмм – атомарных элементов пиктограммного языка программирования, которые можно использовать в составляемом алгоритме.

Если прямая счетчик-стратегия при составлении программы комбинаторным перебором приводит к большому количеству шагов, то провести такой эксперимент нереально не только дошкольнику, но и взрослому. Следует заметить, что даже частично заполненный шаблон, независимо от процента заполнения, является синтаксически правильной выполнимой программой, что позволяет новичку выполнять составляемый алгоритм не только после полного заполнения шаблона, но и на промежуточных стадиях. Во многих задачах это позволяет новичку пошагово составлять жадный алгоритм решения поставленной задачи.

В то время как общий вопрос о возможности систематического освоения счетчик-стратегии дошкольниками остается открытым, эксперименты с заданиями на составление алгоритмов в ЦОС ПиктоМир показывают, что в ряде содержательных задач малой комбинаторной сложности дети возраста 5-6 лет справляются с теми или иными вариантами полного комбинаторного перебора, а

комбинаторная сложность задачи на составление алгоритма является адекватной метрикой общей сложности задания и определяет возможность успешного решения задачи ребенком путем полного комбинаторного перебора.

В главе 4 предлагается интеграционная методология формирования алгоритмического мышления при обучении информатике и программированию с использованием разновозрастных методических систем обучения.

В течение нескольких лет под руководством и при непосредственном участии автора, сотрудниками отдела учебной информатики ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН ведется преподавание различных курсов в Московском педагогическом государственном университете. Слушатели таких дисциплин, как годовой курс «Методика обучения программированию», «Введение в алгоритмизацию», «Алгоритмы и структуры данных», часто не имели базовых знаний в области программирования, поэтому использование ЦОС ПиктоМир и КуМир явилось разумным вариантом для пропедевтики основ алгоритмизации. Однако опыт показал, что переход от пиктографической ЦОС ПиктоМир-К текстовой ЦОС КуМир оказывается для студентов сложным технологически, психологически и является времязатратным.

Для решения проблемы была спроектирована и реализована гибридная ЦОС ПиктоМир-К, в которой составление алгоритма происходит по методике ЦОС ПиктоМир из пиктограмм языка Пикто, а визуализируется и редактируется как в ЦОС КуМир на текстовом школьном алгоритмическом языке. С 2019/2020 учебного года в Московском государственном педагогическом университете систематически и последовательно используются три среды программирования при обучении будущих учителей: пиктограммная ЦОС ПиктоМир, гибридная ЦОС ПиктоМир-К и текстовая ЦОС КуМир.

При разработке курса было подготовлено

- более 150 задач в ЦОС ПиктоМир
- около 200 задач в ЦОС ПиктоМир-К и
- более 100 задач в ЦОС КуМир.

В рамках курса, состоящего из 34 полуторачасовых занятий, было предложено более 400 заданий. Для успешного завершения курса требовалось выполнить не менее 80% задач в каждой среде, и уже в 2020/2021 учебном году все без исключения студенты успешно справились с этой задачей. Большинство задач ЦОС ПиктоМир-К можно было также выполнить в ЦОС ПиктоМир, т.е. алгоритмы были уже освоены обучаемыми в процессе работы с пиктограммной ЦОС ПиктоМир, и алгоритмическая компонента заданий не вызывала затруднений. Порядка 25–30% первых задач в ЦОС КуМир составили задачи на управление Роботом, которые студенты уже решали в ЦОС ПиктоМир-К. Оставшиеся задачи в ЦОС КуМир были ориентированы на манипуляции с традиционными для вводных курсов целыми переменными, массивами и строками. Оказалось, что внедрение промежуточной среды ПиктоМир-К повысило продуктивность учащихся в среде КуМир при решении даже этих традиционных задач. Значительной части студентов учебного года 2020/2021 в среде КуМир удалось не только выполнить минимально необходимый объем зачетных заданий (80%), но и успешно справиться с практически всеми заданиями на занятиях.

Программа в ЦОС ПиктоМир-К представляется на экране в одном из двух вариантов:

- на школьном алгоритмическом языке, с выделением блочной структуры рамочками,
- на подмножестве языка Python, с заданием блочной структуры отступами.

Позитивный эффект использования в качестве связующего звена гибридной ЦОС ПиктоМир-К обусловлен, прежде всего, разведением разных источников сложности по этапам образовательного процесса. Действительно, новичок в программировании при первом знакомстве сталкивается сразу с тремя сложностями:

- алгоритмической,
- сложностью кодирования,
- сложностью освоения интерфейса используемой среды программирования.

При совместном использовании ЦОС ПиктоМир и ЦОС КуМир для составления программ управления роботами, первая алгоритмическая сложность выделена в качестве базовой задачи, однако, две других сложности проявляются одновременно при переходе от пиктограммного кодирования к текстовому. При использовании последовательности ЦОС ПиктоМир, ЦОС ПиктоМир-К и ЦОС КуМир, на каждом шаге обучаемый испытывает только одну сложность:

- при переходе от ЦОС ПиктоМир к ЦОС ПиктоМир-К меняется только язык программирования,
- при переходе от ЦОС ПиктоМир-К к ЦОС КуМир – меняется только среда программирования, но не язык.

Педагогический опыт показал, что при подготовке будущего учителя информатики следует потратить не менее 10-12 часов на изложение перечисленных в ФОП ООО конструкций и понятий программирования на языке Python. Систематическое знакомство обучаемых с Python происходит на последних занятиях, когда студенты получают более 100 заданий для выполнения на языке программирования Python.

Цифровая образовательная платформа – новый мультипредметный цифровой метод организации учебного процесса, позволяющий не только включать обязательные элементы, начиная с лекционных и семинарских занятий, и ставшие уже стандартом автоматизированные средства проверки контрольных заданий, но и предоставляющий преподавателю и студентам новые формы непрерываемого (в том числе, внеаудиторного) взаимодействия с использованием цифровых методов коммуникации.

Для решения задачи технологической независимости, активного использования дистанционных форм обучения (связанного с пандемией Covid-19), создание отечественных авторских цифровых образовательных платформ становится актуальной научно-практической задачей. Поддерживаемое цифровыми образовательными платформами смешанное обучение позволяет выстроить его процесс на сильных сторонах слушателей и найти индивидуальный подход, формируя личностные образовательные треки для обучаемых.

Использование смешанной формы обучения освобождает преподавателя от выполнения рутинных операций по проверке текущей успеваемости слушателей и верификации результатов. С одной стороны, это позволяет преподавателю контролировать учебный процесс, в любой момент времени имея актуальную информацию об успеваемости. С другой стороны, в этой методической парадигме преподаватель избавлен от необходимости ежедневной проверки заданий, что приводит не только к существенному уменьшению объема однообразной обратной связи со слушателями по ошибочным заданиям, но и позволяет кратно увеличить число заданий, выполняемых обучаемыми в рамках изучаемого курса и (или) предмета. Контроль выполнения заданий и продвижение по предмету слушателя может поддержать система образовательных ботов, которые не только отвечают на содержательные вопросы по материалу, но и сообщают обучаемому о его задолженностях, успехах, расписании занятий и актуальном текущем изучаемом материале.

Авторская цифровая образовательная платформа Мирера проектировалась, как интегрированная с национальной социальной сетью ВКонтакте система для организации доступа к образовательному онлайн-контенту студентов университетов в курсах программирования. Такой подход показывает свою образовательную эффективность, хотя при этом меняется тип взаимодействия преподавателя со студентами, так как цифровая трансформация образовательного процесса требует от педагога находиться в непрерывном контакте со студентами. Для предоставления педагогу возможности конструирования онлайн курсов с большим объёмом цифрового материала, автоматизированной проверки заданий и накоплению базы выполнения заданий студентами были проинтегрированы с платформой обособленные компоненты ЦОС ПиктоМир, ЦОС ПиктоМир-К, как элемент цифровой трансформации образовательного процесса в смешанную форму обучения. Использование смешанной формы обучения повышает эффективность учебного процесса, позволяет нарастить объем знаний и навыков как у студентов (получить новый уровень компетенции в изучаемом предмете благодаря значительному увеличению объема выполненных заданий), так и у школьников и дошкольников.

Мирера – это проект цифровой образовательной платформы (ЦОП) для смешанного обучения, в котором контакт педагога с обучаемыми в процессе прохождения курса/предмета является необходимым условием. Кроме того, ЦОП Мирера в производственном варианте характеризуется глубоким уровнем интеграции авторских ЦОС, наличием встроенной системы вебинаров, face-to-face ВКС семинаров, а также интеграцией с социальной сетью ВКонтакте, мессенджером Telegram и цифровыми помощниками преподавателя (ботами).

ЦОП Мирера поддерживает автоматизированную проверку любых задач по программированию, все виды тестовых задач, включая оценивание ответа в свободной форме.

В ЦОП Мирера реализована поддержка адаптивных образовательных траекторий, благодаря которым можно автоматически выдавать различной сложности задачи успешным или, наоборот, отстающим студентам, а также

автоматически предоставлять задачи на зачет или экзамен по незакрытым темам. В платформу встроена автоматическая система антиплагиата.

К 2021/2022 учебному году ЦОП Мирера прошла апробацию в 14 курсах в трех московских университетах. Результаты образовательного процесса показали высокие результаты обучаемых.

Актуальным и инновационным подходом для автоматизации образовательного процесса является индивидуализация обучения, которая позволяет реализовать часть традиционной работы преподавателя – адаптацию учебного материала под студента с учётом демонстрируемых им результатов. Целью индивидуализации обучения состоит в построении и(или) выборе персонализированных образовательных технологий, применение которых позволит студенту улучшить его учебные результаты относительно ожидаемых. В идеальном случае со стороны обучаемого учебный процесс наблюдается как полноценная индивидуальная форма обучения, при которой педагог постоянно доступен для контакта, то есть образовательный процесс происходит в непрерываемой образовательной парадигме. Со стороны педагога, решающего задачу масштабирования учебного процесса с единичных слушателей и малых групп с сохранением индивидуализации обучения, задача лимитируется требованиями к качеству образования, чтобы увеличение числа обучаемых не приводило одновременно к деградации качества обучения в целом. При индивидуализации, подборе подходящей образовательной технологии преподаватель тестирует различные методы обучения, применяемые для преподавания дисциплины, использует свой накопленный опыт и метод «проб и ошибок» для отбора образовательных технологий, применение которых даёт ожидаемый результат в обучении. Наблюдаемое поведение и методы педагога дают уверенность в том, что этот подход может быть успешно автоматизирован для реализации поиска индивидуальной образовательной технологии в условиях масштабирования.

Процесс формирования индивидуализированной образовательной технологии начинается с применения ранее выявленной композиции образовательных технологий, использованной для обучения студента другой, возможно, близкой дисциплине, или набора образовательных технологий, традиционно применяемых при изучении конкретной дисциплины. Образовательные технологии описываются в форме педагогических экспериментов – традиционной формы первичного описания новых технологий. Для получения данных для верификации гипотезы в автоматизированных педагогических экспериментах используется цифровой след обучаемого в ЦОП Мирера. Сформированное множество образовательных технологий разбивается на три класса: доступные образовательные технологии, которые еще не прошли верификацию, проверяемые образовательные технологии и применяемые, которые прошли проверку. Образовательные технологии, не прошедшие проверку, возвращаются в доступные, снабженные весовым атрибутом, ставящим их в конец очереди для следующей выборки.

Представление индивидуализированной образовательной технологии как композиции отдельных образовательных технологий является развитием идеи

адаптивного обучения, в рамках которой исследователи стремятся найти универсальную параметрическую модель обучения, применение которой заключается в поиске оптимальных параметров модели для конкретного студента. В исследовании констатируется, что применение параметрических моделей позволяет улучшить результаты только части студентов, а не всех участников эксперимента. Предлагается изначально поставить максимальную цель – охватить всех студентов, но при этом допускается применение композиции из нескольких образовательных технологий, что позволит поэтапно охватывать различными образовательными технологиями студентов.

Полученные результаты частично реализованы в ЦОП Мирера, например, функциональность «адаптивные траектории», которая использует только результаты студента и не связана со спецификой преподаваемой дисциплины. Однако остается проблемой автоматизация проверки знаний, отсутствие учебных материалов высокой гранулярности и вариативности, которые нужны для создания адаптивных курсов, а также общая методология создания этих материалов, что является препятствием для широкого внедрения методов индивидуализации.

В главе 5 обсуждаются организация и результаты педагогических экспериментов. На основе методик понижения возраста первичного знакомства с основами программирования, представленных в главе 3, используя разработанную авторскую ИКТ-насыщенную предметно-цифровую образовательную среду ПиктоМир, был проведен ряд педагогических экспериментов, как практическое обоснование сформулированных в работе гипотез. В федеральном государственном учреждении «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН) в рамках реализации Национального проекта «Образование» с 1 августа 2020 года развернута площадка по теме «Апробация и внедрение основ алгоритмизации и программирования для дошкольников и младших школьников в цифровой образовательной среде ПиктоМир» по направлению дошкольного, начального общего и дополнительного образования. Данная сетевая площадка развернута в 2020 году Академией Наук России совместно с Самарским Институтом Образовательных Технологий и по состоянию на середину 2024 года охватывает более 750 детских садов и начальных школ России из 66 субъектов РФ.

Для оценки эффективности внедряемых методик формирования основ алгоритмического мышления у детей, начиная с четвертого года жизни, в рамках проводимых педагогических экспериментов используются результаты достижений детей, рассматриваемые при участии в парциальных программах и программах дополнительного образования протяженностью от одного года до трех. Как указано в ФОП ДОО, освоение основной образовательной программы и вариативной части программ не сопровождается проведением промежуточных аттестаций и итоговой аттестации обучающихся, а основным методом педагогической диагностики является наблюдение.

В качестве примера исследований приводятся выборочные результаты 2022-2023 учебного года 265 организаций дошкольного образования отчетов о проделанной работе по внедрению и апробации курса «Алгоритмика для

дошкольников». В указанном учебном году в этих организациях программой было охвачено 12 тысяч 319 детей в 718 группах, включая 2031 ребенка с ОВЗ. Число детей, погруженных в изучение азов алгоритмизации, можно поделить по возрастам:

- средняя группа (4-5 лет) – 3654 ребенка (213 подгрупп);
- старшая группа (5-6 лет) – 4872 ребенка (284 подгруппы);
- подготовительная группа (6-7 лет) – 3793 ребенка (221 подгруппа).

В образовательных организациях было занято 840 педагогов. Все воспитатели прошли дополнительное профессиональное обучение, из них продвинутый уровень, освоившие парциальную программу «По алгоритмическим дорожкам» в рамках второго курса дополнительного профессионального обучения, получили 334 педагога.

Среди результатов занятий «Алгоритмика для дошкольников» с использованием ЦОС ПиктоМир можно выделить следующее:

- высокий познавательный интерес детей (78% воспитанников посещают занятия с удовольствием, активны во время работы);
- у детей улучшились навыки ориентировки в пространстве (60% воспитанников имеют высокий уровень);
- 95% детей старшей группы освоили основной набор команд: обозначения, именованя, действия команд роботов, используемых в ЦОС ПиктоМир, могут их применять в процессе игры, а также переносить игры и результаты в другие виды деятельности.

Один из особенных результатов – это 100% удовлетворенность родителей детей. Родители оценивают работу педагогов с детьми и родителями, доступность дополнительной деятельности, коллаборации родителей с детьми в домашней обстановке.

Классическое педагогическое исследование состоит в обосновании педагогических новаций методами математической статистики. При радикальном изменении в образовательном процессе детей такой метод, как правило, ничего не может гарантировать, так как для получения реальных результатов необходимо проводить педагогические измерения на большом количестве учеников в течение продолжительного времени. К таким изменениям можно отнести и кардинальное понижение возраста первичного знакомства детей с программированием. Десятки тысяч детей систематически участвовали в развивающей деятельности с помощью предметно-цифровой образовательной среды ПиктоМир на основе новой методологии в дошкольном и младшем школьном обучении, показали массовый наблюдаемый результат успешного освоения основ алгоритмизации и формирования фундамента алгоритмического мышления.

Другой педагогический эксперимент результатов внедрения методологии ступенчатого вневозрастного подхода при преподавании информатических дисциплин для студентов педагогических университетов проходил в течение 2020-х годов в Институте детства МПГУ в рамках дисциплин, содержащих практическое программирование для студентов в своей массе, не освоивших основы алгоритмизации ранее или имеющих поверхностные знания в этой области.

Используя внедрение элементов геймификации в образовательный процесс в качестве базы для цифровых курсов, для студентов факультета начального образования ФНО «Институт детства» в МПГУ использовались цифровые образовательные среды ПиктоМир, ПиктоМир-К и КуМир, интегрированные в цифровую образовательную платформу Мирера. На платформе Мирера студенты выполняли задания по программированию на школьном алгоритмическом языке и языке Python (с 2022 года). Следуя методологии ступенчатого вневозрастного подхода обучения, освоение основных понятий программирования и составление алгоритмов происходит поэтапно в цифровых образовательных средах.

Все задания первых практикумов (принцип программного управления, повторители, подпрограммы, исполнители Вертун и Двигун в пиктограммной ЦОС ПиктоМир) ранее были апробированы в курсах для дошкольников возраста 6+. Использование вневозрастного подхода в обучении программированию в ЦОС ПиктоМир позволило сократить время на освоение основных понятий программирования и, используя выбранный набор задач, необходимый для формирования основ алгоритмического мышления, закрепило на практике основные концепции структурного программирования. Однако педагогический опыт показал, что в рамках ступенчатой методологии преподавания программирования сложным оставался переход от пиктографического программирования к текстовому. В 2020 года с появлением авторской гибридной ЦОС ПиктоМир-К возник дополнительный уровень в ступенчатой методике курса по программированию, позволяющий решать задачи с исполнителями, которые были доступны только в ЦОС КуМир.

Проведенные исследования и педагогические эксперименты с использованием ЦОС ПиктоМир, ЦОС ПиктоМир-К, ЦОП Мирера и др. показали высокую эффективность интеграционного вневозрастного подхода при преподавании основ программирования и алгоритмизации в ДОО, школах, вузах. Использование единого подхода в пропедевтических курсах позволяет организовать множественные точки входа в систематический образовательный процесс, который обеспечен полным входным и выходным контролем освоенных компетенций.

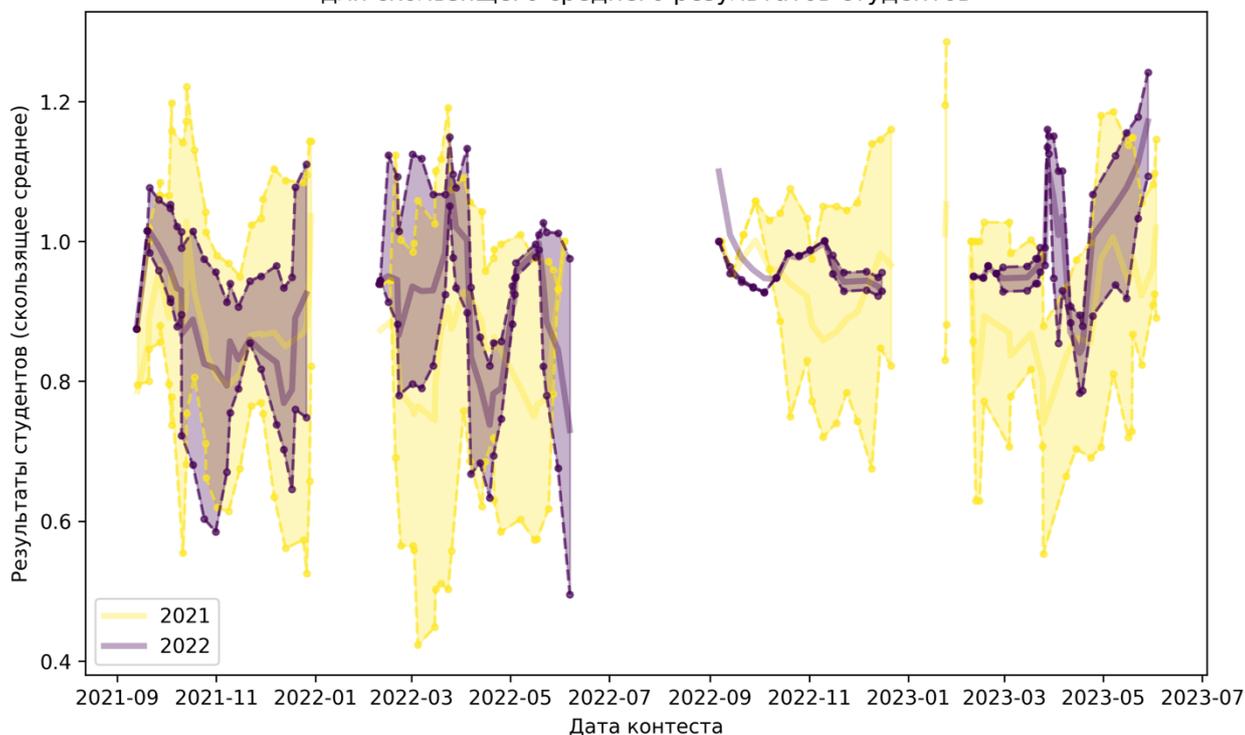
В эксперименте, который проходил в нескольких группах механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в 2020-2021 учебном году, стояла задача в получении априорных финальных оценок студентов, используя информацию о текущих достижениях. Для этого учащиеся были разделены на три класса, отстающих, успевающих и высоких достижений. Полученные предсказания позволяют педагогу определить студента или группу студентов, которым потребуется от него непосредственная помощь для перехода в более высокий класс. Для получения высококачественного результата предсказания необходим большой объем данных, используемых для создания модели методом глубокого обучения. Эксперимент проводился на данных курсов предыдущих 3-х лет, накопленных в цифровом следе ЦОП Мирера из 3206 пар студент-курс. Каждая такая пара была представлена последовательностью попыток сдачи задач, данным студентом в рамках данного курса.

Результаты экспериментов показали, что при прохождении около 20% курса можно предсказать будущую успешность студента на основании текущих результатов прохождения курса. Априори, зная класс, к которому отнесен тот или иной студент, можно определить не только методы педагогического воздействия, но и целесообразность автоматизации предпринимаемых преподавателем действий.

Локальной целью преподавателя можно декларировать позитивную устойчивость успевающих студентов, когда студент может перейти в высший класс, но не понизить свои успехи, не попасть в класс неуспевающих студентов. Таким образом, цель модели в ЦОП Мирера уметь предсказать момент возможного ухудшения успеваемости. Использование аппарата временных рядов позволяет не просто предсказать финальный класс студента по небольшому количеству начальных данных, но и предсказать дальнейшую траекторию успешности обучения студента.

Сравнение временных рядов процессов обучения 2021, 2022 стартовых лет.

На графике изображены:
квантили 20% и 80%, средние значения по контекстам
для скользящего среднего результатов студентов



Проанализировав данные, можно видеть, что в 2022 система оценивания каждого контекста (семинара) была выбрана более консистентно и справедливо, а образовательная программа была построена так, что студенты получили более качественное, равномерное обучение по курсу, таким образом, основное количество студентов стало хорошистами, что подтверждает успешность педагогического эксперимента.

При экспериментировании с любой образовательной стратегией существует проблема, что на проведение исследований нужны годы, а студентов в группах недостаточное количество, чтобы накопить уверенный объем данных для машинного обучения. В этом случае могут помочь генеративные модели, основанные на сигнатурах, которые можно применить для генерации

дополнительных образовательных траекторий студентов того же распределения, которые впоследствии можно использовать для нейронных сетей и других глубоких моделей машинного обучения. Целью является предсказание будущей образовательной траектории студента, таким образом, можно проверять любые критерии о слушателе для ручного вмешательства в образовательный процесс, а также автоматически создавать для студентов адаптивные траектории обучения.

Итоговыми метриками качества данной модели могут считаться не только стандартные метрики регрессионных моделей, но и насколько ее предсказания реально превосходят изменение класса студента. Однако, поскольку после предсказания модели преподаватель может изменить курс, тему, контекст или изменить набор образовательных технологий, пытаясь избежать негативного результата обучения в будущем, то есть того, что предсказала модель, данная метрика качества некорректна для подсчета при валидации, при реальном использовании модели. Тем не менее, на тестовой выборке модель показала более чем 80% качество предсказания будущей категории студентов, что позволило преподавателю в случае предсказанного изменения класса с хорошиста на худший класс неуспевающих студентов вовремя заметить этот момент и точно помочь отстающим студентам.

В Заключении сформулированы выводы по результатам проведенного исследования:

1. Выделены основные составные части алгоритмического мышления, как исторического наследника операционного стиля мышления. Указано соотношение вычислительного и алгоритмического мышления. Предложена методическая система обучения формирования алгоритмического мышления, как практики освоения содержания обучения – определенного набора алгоритмических задач.
2. Сформулированы основные понятия программирования, которые являются фундаментом формирования алгоритмического мышления у детей дошкольного возраста и в пропедевтических методических системах обучения информатике и программированию.
3. Разработана и обоснована интеграционная методология поэтапного формирования алгоритмического мышления – методическая система обучения, с вариативным содержанием, ориентированным на различный возрастной контингент учащихся, включающая практические методы с большим объемом самостоятельной работы, использующая цифровые и предметно-цифровые ИКТ-насыщенные средства обучения и различные формы, ориентированные на возраст и начальный уровень компетенции учеников, существенно повышающая эффективность систематического освоения информатики и программирования.
4. Исследована методика и средства преподавания информатики и программирования в историческом контексте, что показало, что использование текстовых учебных языков программирования с национальной лексикой положительно влияет на эффективность образовательного процесса, на формирование алгоритмического мышления в рамках национальных культур и ценностей народов, что обеспечивается в том числе близостью учебного языка к естественному языку.

5. Как компонент методической системы обучения, разработана методология внедрения раннего пропедевтического обучения информатике и программированию, пропедевтика парадигм программирования, состоящая в использовании уникального дидактического материала, включая не только последовательный набор задач и методические подходы, но и, как стержневой элемент, средство обучения – спроектированную и разработанную предметно-цифровую образовательную среду ПиктоМир, в которую скомпонован указанный набор задач на основании сформулированных в настоящей работе критериев для поэтапного формирования основ алгоритмического мышления.

6. Методология формирования алгоритмического мышления включает в себя получение знаний, освоение определенных навыков, формирование умений при прохождении уровней образования: уровень пропедевтики – знакомство дошкольников и младших школьников с основами алгоритмизации, уровень генерализации знаний – обучение школьников программированию, и уровень профессионализации (профильное обучение) – высшее образование, когда студенты изучают информатику и программирование в разрезе специальностей и различных предметов. Все три ступени объединены ориентированными на возраст и уровень компетенции методическими системами обучения, которые позволяют выстроить бесшовный непрерывный образовательный процесс и используют вариативные, ориентированные на возраст, методики и формы обучения, базирующиеся на средствах обучения включающих практику освоения программирования на пиктографическом учебном языке для пропедевтики (встроенного в цифровую образовательную среду ЦОС ПиктоМир). Для уровней генерализации и профессионализации (профильный уровень) переход к текстовым, учебным и производственным языкам программирования с использованием ступенчатой методики на базе средств обучения – тройки цифровых образовательных сред, включающих пиктографическую, блочную и текстовую среду программирования (ЦОС ПиктоМир, ЦОС ПиктоМир-К, ЦОС КуМир).

7. Содержание обучения составляет универсальный, доступный любому возрасту обширный набор заданий для изучения основ информатики и программирования, который организует практическую подготовку дошкольников, школьников и студентов с использованием, как средств обучения, ИКТ-насыщенных цифровых образовательных сред с автоматизированной верификацией уровня освоения требуемых компетенций. Для интенсификации образовательного процесса и внедрения методики обучения, использующей элементы индивидуализации, основывающихся на элементах искусственного интеллекта, необходимо в качестве средства обучения использовать интеграционную цифровую образовательную платформу (ЦОП Мирера), где выполнение заданий обучаемыми оценивается не только по результатам испытаний, но и по процессу выполнения задач, контролирующему из омниканальной цифровой образовательной платформы, использующей искусственные нейронные сети.

8. Использование, как средств обучения, профильной методической системы обучения ЦОС ПиктоМир совместно с цифровой образовательной платформой Мирера на начальном курсе алгоритмики и программирования позволило

увеличить объем практики студентов педагогических вузов с единиц до нескольких сотен за семестр. Освоенная практика будущих преподавателей курса информатики и ИКТ позволила интенсифицировать и индивидуализировать подготовку молодых специалистов для современной цифровой реальности.

9. Разработаны и имплементированы в средство обучения ЦОП Мирера интерактивные методы анализа и предсказания на основе генеративных моделей и сигнатур, используемых для формирования дополнительных данных, с целью управления образовательными траекториями студентов, а также позволяющие педагогу независимо управлять образовательным процессом выделенного студента, группой студентов, отнесенных к одному классу, а также всеми студентами на курсе.

10. Экспериментально подтверждена результативность педагогического проектирования. Полученные результаты и научно-методический опыт могут быть тиражированы в системе национального образования всех уровней.

Проведенное исследование позволило получить ответы на поставленные вопросы теоретического обоснования. Исследование подтвердило гипотезу о том, что, как содержание методической системы обучения, включающей в качестве средств обучения ИКТ-насыщенные цифровые образовательные среды и платформы, существует набор заданий и понятий, успешное поэтапное освоение которых приводит к формированию алгоритмического мышления у обучаемых. Такой набор заданий и понятий является универсальным для успешного формирования основ алгоритмического мышления на всех ступенях обучения (у студентов вузов, включая будущих учителей информатики педуниверситетов, школьников и у дошкольников). Возможно понижение границ сензитивного периода первичного знакомства с основами программирования для детей 4-ого года жизни при использовании методической системы обучения с предметно-цифровыми образовательными средами и платформами для обучения информатике и программированию в качестве средств и специальных форм обучения.

Применение методической системы обучения для поэтапного формирования алгоритмического мышления в приложении к созданию содержания, методики и форм обучения в пропедевтических разделах курса информатики по основам алгоритмизации и программирования, способствует повышению эффективности образовательного процесса и достижению учебно-воспитательных целей.

Вместе с тем проведенное исследование обозначило ряд новых вопросов и проблем, которые заслуживают специального рассмотрения. Необходимо продолжать исследование соотношения методологии формирования алгоритмического мышления индивидуума и использования генеративных искусственных нейронных сетей в образовательном процессе.

Основное содержание и результаты диссертационного исследования отражены в следующих публикациях автора:

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В.Ломоносова по специальности.

1. Леонов, А. Г. Цифровая образовательная среда ПиктоМир: опыт разработки и массового внедрения годового курса программирования для дошкольников / Бешапошников Н. О., Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Райко М. В., Собакинских О. В. // Информатика и образование. – 2020. – №10. – С. 28-40
ИФ РИНЦ 1,25. 1.4 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.4 усл. печ. л.).
2. Леонов, А. Г. Программные исполнители в цифровых образовательных средах «ПиктоМир», «Роботландия» и «КуМир» / Леонов А. Г., Первин Ю. А., Зайдельман Я. Н. // Информатика в школе. – 2019. – Т. 152, № 9. – С. 54-61
ИФ РИНЦ 0,285. 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.32 усл. печ. л.).
3. Леонов, А. Г. Программный инструментарий дошкольного и младшего школьного обучения информатике / Леонов А. Г., Первин Ю. А. Информатика в школе. – 2018. – Т. 141, № 8. – С. 112-118.
ИФ РИНЦ 0,285. 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.35 усл. печ. л.).
4. Леонов, А. Г. КУМИР – учебное программное обеспечение базового курса информатики / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Информатика в школе. – 2017. – № 8. – С. 5-10.
ИФ РИНЦ 0,285. 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.33 усл. печ. л.).
5. Леонов, А. Г. Программные средства представления графической и музыкальной информации в пропедевтическом курсе информатики начальной школе / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Информатика в школе. – 2017. – № 7. – С. 71-75.
ИФ РИНЦ 0,285. 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.3 усл. печ. л.).
6. Леонов, А. Г. Учебные и тестовые логические задачи в пропедевтическом курсе информатики / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Информатика и образование. – 2015. – № 9. – С. 32-36.
ИФ РИНЦ 1,25. 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.3 усл. печ. л.).
7. Леонов, А. Г. Решение задачи автоматизации учебного процесса с помощью экспериментального поиска индивидуальной образовательной траектории / Леонов А. Г., Дьяченко М. С. // Информатика и образование. – 2024. – № 4. – С. 14-26.
ИФ РИНЦ 1,25. 1.43 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.7 усл. печ. л.)
8. Леонов, А. Г. Основные понятия программирования в изложении для дошкольников / Бетелин В. Б., Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Информатика и ее применения. – 2020. – Т. 14, № 3. – С. 56-62.
ИФ РИНЦ 0.414. 0.81 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.27 усл. печ. л.).
9. Леонов, А. Г. О вариантах решения задачи распознавания табличной структуры по изображению в условиях отсутствия априорной информации / Бешапошников Н. О., Леонов А. Г., Матюшин М. А. // Научная визуализация. – 2020. – Т. 12, № 5. – С. 1–12.
ИФ РИНЦ 0.451. 1.39 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.35 усл. печ. л.).

10. Леонов, А. Г. Безошибочный двумерный пиктограммный синтаксис в учебной среде программирования для дошкольников / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Поликарпов С. А. // Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления. — 2023. — Т. 511, № 1 — С. 13-20.
ИФ РИНЦ 0.814. 0.77 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.27 усл. печ. л.).
11. Леонов, А. Г. Тенденции объектно-ориентированного программирования в разработке системы КуМир / Леонов А. Г. // Программные продукты и системы. — 2012. — №4. — С.251-254.
ИФ РИНЦ 0.513. 0.46 усл. печ. л.
12. Леонов, А. Г. / Автоматизация проверки семантической составляющей текстовых ответов обучающихся в цифровой образовательной платформе / Леонов А.Г., Мартынов Н.С., Машенко К.А., Холькина, А.А., Шляхов А.В. // Программные продукты и системы. 2024. Т. 37. № 3. — С. 440-452.
ИФ РИНЦ 0.513. 0.81 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.2 усл. печ. л.).
13. Leonov, A. G. Basic programming concepts as explained for preschoolers/ V. B. Betelin, A. G. Kushnirenko, A. G. Leonov, K. A. Mashchenko // International Journal of Education and Information Technologies — 2021. — Vol. 15. — P. 245-255.
ИФ JCI 0.20. 1.21 printed sheets (co-authorship, including 0.35 author 's printed sheets).
14. Leonov, A. G. Problems of early learning to program: How to bridge the gap between pictographic and textual programming styles / D. B. Agliamutdinova, N. O. Beshaposhnikov, A. G. Kushnirenko, Leonov A.G., Raiko M.V. // International Journal of Education and Information Technologies — 2021. — Vol. 15. — P. 331-343.
ИФ JCI 0.20. 1.50 printed sheets (co-authorship, including 0.4 author 's printed sheets).
15. Леонов, А. Г. Базы данных и электронные таблицы / Леонов А. Г., Эпиктетов М. Г. // Информатика и образование. — 1996. — № 3. — С.15-26.
ИФ РИНЦ 1,25. 1.31 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.70 усл. печ. л.).
16. Леонов, А. Г. Базы данных и электронные таблицы/ Леонов А. Г., Эпиктетов М. Г. // Информатика и образование. — 1996. — № 4. — С. 5-16.
ИФ РИНЦ 1,25. 1.32 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.70 усл. печ. л.).
17. Леонов, А. Г. Базы данных и электронные таблицы / Леонов А. Г., Эпиктетов М. Г. // Информатика и образование. — 1996. — № 6. — С. 21-26.
ИФ РИНЦ 1,25. 0.77 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.4 усл. печ. л.).

Публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией

18. Леонов, А. Г. Качественные оценки эффективности методики обучения элементам информатики в пропедевтическом курсе / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Ярославский педагогический вестник. — 2015. — № 5. — 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.3 усл. печ. л.).
19. Леонов, А. Г. Элементы программирования в непрерывном курсе школьной информатики / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Ярославский педагогический вестник. — 2013. — Т. 3, № 1. — 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. — 0.35 усл. печ. л.).
20. Леонов, А. Г. Логическое проектирование педагогических программных средств / Леонов А. Г. // Ярославский педагогический вестник. — 2013. — Т. 3, № 4. — 0.92 усл. печ. л.

- 21.Леонов, А. Г. Переход от непосредственного управления исполнителями к составлению программ в пропедевтическом курсе информатики / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. 3, № 3. – 1.62 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.9 усл. печ. л.).
- 22.Леонов, А. Г. Система КуМир в непрерывном школьном курсе информатики / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – Т. 3, № 4. – 1.96 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 1.1 усл. печ. л.).
- 23.Леонов А. Г. Роль и место темы «Элементы программирования» в общем школьном информатическом образовании / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Компьютерные инструменты в образовании. – 1999. – № 5. – 1.16 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.7 усл. печ. л.).
- 24.Леонов, А. Г. Преподавание математических дисциплин с использованием цифровой образовательной платформы Мирера / Леонов А. Г. // Электронные библиотеки. — 2023. — Т. 26, № 3. – 1.21 усл. печ. л.
- 25.Леонов, А. Г. Годовой цикл занятий «Алгоритмика для дошкольников» в подготовительных группах дошкольных образовательных учреждений / Леонов А. Г., Райко М. В., Кушниренко А. Г., Грибанова И. Н. // Вестник кибернетики. – 2018. – Т. 30, № 3. – 0.81 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.21 усл. печ. л.).
- 26.Леонов, А. Г. Цифровизация образования – новые возможности управления образовательными треками / Леонов А. Г., Бешапошников Н. О., Прилипко А. А. // Вестник кибернетики. – 2018. – Т. 30, № 3. – 0.76 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.43 усл. печ. л.).
- 27.Леонов, А. Г. Архитектура смешанной пиктограммно-текстовой системы программирования для дошкольников и младших школьников / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Вестник кибернетики. – 2017. – Т. 28, № 4. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.35 усл. печ. л.).
- 28.Леонов, А. Г. Пиктограммный язык программирования «Пикто» / Леонов А. Г., Бешапошников Н. О. // Вестник кибернетики. – 2017. – Т. 28, № 4. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.48 усл. печ. л.).
- 29.Леонов, А. Г. Архитектура учебной системы с индивидуализацией обучения на основе накопленных данных результатов автоматизированной проверки заданий / Дьяченко М. С., Леонов А. Г. // Успехи кибернетики. – 2023. – Т. 4, № 1. – 0.98 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.5 усл. печ. л.).
- 30.Леонов, А. Г. Цифровой мир дошкольника / Леонов, А. Г., Тимофеева Т. В. // The world of academia: Culture, Education. — 2024. — № 1. – 0.66 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.4 усл. печ. л.).
- 31.Леонов, А. Г. Цифровые образовательные среды – основа формирования алгоритмического мышления / Леонов, А. Г. // Журнал педагогических исследований. — 2024. — № 4. — 0.91 усл. печ. л.

Индивидуальные монографии

- 32.Леонов, А. Г. Подходы к преподаванию основ программирования от вуза до детского сада / Леонов, А. Г. // М.: НАУКА, 2024. – 14.96 усл. печ. л.

Методические пособия

33. Навигатор к учебно-методическому комплексу «Алгоритмика для дошкольников и учащихся начальных классов с использованием робототехнического образовательного набора и цифровой образовательной среды ПиктоМир» / Леонов А. Г., Райко М. В., [и др.]; Самарский областной институт повышения квалификации и переподготовки работников образования. – Самара : Самарский областной институт повышения квалификации и переподготовки работников образования, 2021. – 4,01 печатных листов (в соавт., в том числе авт. – 0.6 усл. печ. л.).
34. Рабочая программа. Методические комментарии: учебно-методическое пособие / А. Г. Кушниренко, А. Г. Леонов, Я. Н. Зайдельман, В. В. Тарасова. – Москва : Дрофа, 2017. – 10.16 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 2.0 усл. печ. л.).
35. Леонов, А. Г. Информатика / Справочник школьника : Учебное пособие / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Кузьменко М. А. – Москва : Дрофа, 2006. – 4.62 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 1.3 усл. печ. л.).
36. Леонов, А. Г. Информатика / Леонов А. Г. // Большая универсальная школьная энциклопедия / Гл. ред. М. Аксенова, отв. ред. С. Алексеев, Ю. Антонова. – Москва : Мир энциклопедий, 2006. – 65.56 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 7.3 усл. печ. л.).
37. Леонов, А. Г. Информатика 8-11 классы / Леонов А. Г., Кушниренко А. Г., Кузьменко М. А. // Большой справочник школьника. 5-11 классы : рус. яз., литература, история, обществознание, математика, информатика, физика, география, биология, экология, химия, иностр. яз. – 6-е изд., испр. – Москва : Дрофа, 2004. – 2.43 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 1.1 усл. печ. л.).
38. Леонов, А. Г. Информатика / Леонов А. Г. // Большой энциклопедический словарь : Для школьников и поступающих в вузы : Русский яз., Литература, История, Обществознание, Математика, Информатика, Физика, География, Биология, Химия : Термины и понятия / [Отв. ред. Е.Е. Узлова]. – Москва : Дрофа, 1999. – 3.81 усл. печ. л.
39. Леонов, А. Г. Информатика 9-11 классы / Леонов А. Г., Кушниренко А. Г. // Краткий справочник школьника : 5-11 классы / [Авт.-сост. П. И. Алтынов и др.]. – Москва : Дрофа, 1997. – 2.77 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 1.3 усл. печ. л.).
40. Информатика : 9 класс : Учебник / А. Г. Кушниренко, А. Г. Леонов, Я. Н. Зайдельман, В. В. Тарасова. – Москва : Просвещение, 2022. – 13.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 3.1 усл. печ. л.).
41. Информатика : 8 класс : Учебник / А. Г. Кушниренко, А. Г. Леонов, Я. Н. Зайдельман, В. В. Тарасова. – Москва : Просвещение, 2022. – 12.88 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 3.0 усл. печ. л.).
42. Информатика : 7 класс : Учебник / А. Г. Кушниренко, А. Г. Леонов, Я. Н. Зайдельман, В. В. Тарасова. – Москва : Просвещение, 2021. – 10.01 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 2.1 усл. печ. л.).

Статьи в других научных изданиях

43. Анализ методов проверки кода программ на плагиат в цифровой образовательной платформе Мирера / Дьяченко М. С., Домрина В. А., Леонов А. Г., [и др.] // Труды

- НИИСИ РАН. – 2022. – Т. 12, № 3. – 1.04 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
44. Визуализация алгоритмов реализации взаимоисключений средствами пиктограммной среды программирования / Грибанова И. Н., Караваева А. С., Леонов А. А., [и др.] // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2022. – Т. 12, № 3. – 2.89 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 1.0 усл. печ. л.)
45. Леонов, А. Г. Цифровая платформа образования / Бахтеев О. Ю., Гафаров Ф. М., Гриншкун В. В., Дятлова О. В., Косарецкий С. Г., Кудинов В. А., Леонов А. Г., Сергеев А. Н., Щербатых С. В. // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2022. – Т. 1, № 113. – 2.08 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.)
46. Leonov, A. G. Error-free 2d pictogrammic syntax in a programming learning environment for preschool children / Kushnirenko A. G., Leonov A. G., Polikarpov S. A. // Software Engineering Application in Systems Design. Vol.1. – Cham, Switzerland : Springer International Publishing AG, 2022. – 2.43 printed sheets (co-authorship, including 0.75 author 's printed sheets)
47. Leonov, A. G. Adaptive digital educational environments as drivers of remote staff training technologies / Pisareva O. M., Leonov A. G., Dyachenko M. S. // Smart Nations : Global Trends In The Digital Economy : Proceedings of the International Scientific Conference. Vol. 398. – Cham, Switzerland : Springer International Publishing AG, 2022. – 0.81 printed sheets (co-authorship, including 0.3 author 's printed sheets)
48. Определение эмоционального состояния обучаемого-ребенка в цифровой образовательной среде по статическим изображениям с применением нейросети / Дьяченко М. С., Леонов А. Г., Райко М. В., Холькина А. А. // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2022. – Т. 12, № 3. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
49. Подходы к учету посещаемости студентов в цифровой образовательной платформе Мирера / Леонов А. Г., Мащенко К. А., Шляхов А. В., Холькина А. А. // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2022. – Т. 12, № 3. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
50. Леонов, А. Г. Цифровой след в образовании как драйвер профессионального роста в цифровую эпоху / Дьяченко М. С., Леонов А. Г. // E-Management. – 2022. – Т. 5, № 4. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.4 усл. печ. л.).
51. Леонов, А. Г. Исследование и разработка методов машинного обучения и архитектур нейронных сетей для применения в области проверки / Дьяченко М. С., Леонов А. Г., Матюшин М. А. // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2021. – Т. 11, № 3. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
52. Леонов, А. Г. Методы интеграции цифровых образовательных сред в цифровую образовательную платформу Мирера / Леонов А. Г., Орловский А. Е. // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем:

- теоретические и прикладные аспекты. – 2021. – Т. 11, № 3. – 0.81 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.6 усл. печ. л.).
53. Леонов, А. Г. Элементы искусственного интеллекта при автоматизации тестирования веб-интерфейсов на примере ЦОП Мирера / Дьяченко М. С., Леонов А. Г., Сокунов Д. А. // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2021. – Т. 11, № 3. – 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
54. Механизмы универсального подключения программных исполнителей к системе ПиктоМир / Аглямутдинова Д. Б., Бесшапошников Н. О., Леонов А. Г., [и др.] // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. – 2020. – Т. 10, № 3. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
55. Особенности реализации человеко-машинного интерфейса для детей младшего возраста в пропедевтических курсах по программированию / Бесшапошников Н.О., Дьяченко М.С., Леонов А.Г., [и др.] // Труды НИИСИ РАН. – 2020. – Т. 10, № 5-6. – 0.35 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
56. Леонов, А. Г. Построение компилятора-интерпретатора для гибридной тексто-пиктограммной цифровой образовательной среды ПиктоМир-К / Аглямутдинова Д. Б., Райко М. В., Леонов А. Г. // Труды НИИСИ РАН. – 2020. – Т. 10, № 5-6. – 1.50 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.4 усл. печ. л.).
57. Построение объектов дополненной реальности в динамически распознаваемой рукотворной среде / А. Г. Леонов, Н. О. Бесшапошников, М. С. Дьяченко, М. А. Матюшин // Труды НИИСИ РАН. – 2020. – Т. 10, № 5-6. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).
58. Результаты освоения годовой программы Алгоритмика для дошколят подготовительными группами муниципального ДОУ / Леонов А.Г., Райко М.В., Собакинских О.В., Собянина Н.В. // Труды НИИСИ РАН. – 2020. – Т. 10, № 5-6. – 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
59. Автотестирование системы ПиктоМир / Бесшапошников Н.О., Леонов А.Г., Мащенко К.А., Орловский А.Е. // Труды НИИСИ РАН. – 2019. – Т. 9, № 4. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).
60. Курс Азы программирования для дошкольников, младшеклассников и студентов педуниверситетов / Кушниренко А.Г., Леонов А.Г., Райко М.В., Грибанова И.Н. // Труды НИИСИ РАН. – 2019. – Т. 9, № 6. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
61. Развитие психологических новообразований старших дошкольников в процессе обучения программированию на базе цифровой образовательной среды ПиктоМир / Кушниренко А.Г., Леонов А.Г., Райко М.В., [и др.] // Труды НИИСИ РАН. – 2019. – Т. 9, № 6. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).
62. Леонов, А. Г. Олимпиадные задачи в системе ПиктоМир / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Труды НИИСИ РАН. – 2018. – Т. 8, № 6. – 0.81 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.5 усл. печ. л.).
63. Построение отказоустойчивых систем для проведения олимпиад по программированию / Бесшапошников Н.О., Кушниренко А.Г., Леонов А.Г., Прокин

- К.А. // Труды НИИСИ РАН. – 2018. – Т. 8, № 6. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
64. Проведение цикла занятий “Алгоритмика” в летнем лагере для дошкольников и младшекласников / Кушниренко А.Г., Леонов А.Г., Райко М.В., Грибанова И.Н. // Труды НИИСИ РАН. – 2018. – Т. 8, № 4. – 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).
65. Леонов, А. Г. Знакомим дошкольников младших школьников азами алгоритмики помощью систем ПиктоМир и Кумир / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Ройтберг М. А. // Труды НИИСИ РАН. – 2015. – Т. 5, № 1. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).
66. ПиктоМир-Как кооперативная среда для обучения основам программирования дошкольников и младших школьников / Бесшапошников Н. О., Дедков А. Н., Еремин Д. Б., Леонов А. Г. // Труды НИИСИ РАН. – 2015. – Т. 5, № 1. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
67. Леонов А. Г. Пиктомир для планшетных компьютеров как инструмент пропедевтического курса информатики / Леонов А. Г., Бесшапошников Н. О., Еремин Д. Б., Дедков А. Н. // Труды Большого Московского семинара по методике раннего обучения информатике : Т. 1, № 4. / М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, Автономная некоммерческая орг. "Информ. технологии в образовании", Российский гос. социальный ун-т. – Москва : Изд-во Российского гос. социального ун-та, 2014. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
68. Леонов, А. Г. Элективный курс для младшекласников: Управляем настоящим Роботом / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. – 2014. – 0.58 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.25 усл. печ. л.).
69. Леонов, А. Г. Освой КуМир за 6 часов : Последние четыре часа занятий // Информатика. – 2011. – № 2. – 0.77 усл. печ. л.
70. Леонов, А. Г. Программирование для дошкольников младших школьников / Леонов А. Г., Кушниренко А. Г. // Информатика. – 2011. – № 15. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.25 усл. печ. л.).
71. Леонов, А. Г. ЭВМ-практикум / Леонов А. Г. // Информатика. – 2011. – № 11. – 1.04 усл. печ. л.
72. Леонов, А. Г. Космический робот РобоТор / Ефремов А. А., Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Информатика. – 2010. – № 21. – 0.69 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.2 усл. печ. л.).
73. Леонов, А. Г. Преподавание информатики с использованием системы Кумир. Ч. 1. Ч.2. / Кушниренко А. Г., Леонов А. Г. // Первое сентября. – 2009. – №9. – 5,8 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 2.9 усл. печ. л.).
74. Leonov, A. Pictomir : How and why do we teach textless programming for preschoolers, first graders and students of pedagogical universities / Besshaposhnikov N., Kushnirenko A., Leonov A. // Proceedings of the 13th Central & Eastern European Software Engineering Conference in Russia : CEE-SECR '17 / Editor-in-chief: A. Terekhov, M. Tsepkov – New York, N.Y., United States: ACM, 2017. – 0.81 усл. печ. л. printed sheets (co-authorship, including 0.3 author 's printed sheets).

- 75.Леонов, А. Г. Этапы сквозного непрерывного школьного курса информатики / Леонов А. Г., Первин Ю. А. // Прорывные Научные исследования : Проблемы, Закономерности, Перспективы : Сборник статей VIII международной научно-практической конференции : 15 августа 2017 г., г. Пенза – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2017. – 0.46 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.3 усл. печ. л.).
- 76.Леонов, А. Г. Гибридные цифровые образовательные системы в начальном курсе программирования в МПГУ / Леонов А. Г., Райко М. В. // Педагогическое образование: история становления и векторы развития : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию открытия педагогического факультета при 2-м МГУ. – Москва : МПГУ, 2022. – 0.92 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.5 усл. печ. л.).
- 77.Леонов, А. Г. Применение методов свободного синтаксиса для распознавания пиктокубиков в курсе Алгоритмика для дошкольников / Леонов А. Г., Мащенко К. А., Мартынов Н. С. и др. // Труды НИИСИ РАН. — 2024. — Т. 14, № 2. — 0.68 усл. печ. л. (в соавт., в том числе авт. – 0.15 усл. печ. л.).