

# Семантическое влияние программирования на развитие мышления обучающихся: предпосылки, исследование и перспективы

Сегодня одним из наиболее обсуждаемых вопросов в мировом обществе является влияние глобальной цифровизации на эволюцию человечества. Повсеместное внедрение цифровых технологий не только эффективно и прибыльно, но и требует конкурентоспособных специалистов, мыслящих креативно, имеющих профессиональные навыки работы с современными технологиями, готовых к освоению новых знаний, самообразованию и саморазвитию. Исследование проводится в рамках проекта AP05130982 «Семантическое влияние программирования на развитие вычислительного мышления обучающихся», который реализуется в Национальной академии образования им. И. Алтынсарина при поддержке гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Семантическое влияние программирования на развитие вычислительного мышления подразумевает, что при непрерывном обучении программированию высокий уровень абстракции и логики, многократное повторение экспериментально-проверочных действий (автоматизм), визуальное представление результатов, работа с устранением синтаксических и логических ошибок и многое другое оказывают значительное влияние на развитие мыслительных способностей учащихся.

**Цель** — исследование семантического влияния знаний и навыков по программированию на развитие вычислительного мышления учащихся в контексте обучения программированию в средней школе.

**Материалы и методы.** Научно-методологической основой исследования выступают: положение о зоне ближайшего развития в теории деятельности (Выготский Л.С.); принципы теории мышления (Ж. Пиаже, Дж. С. Брунер); концепция обучения на микромирах, представляющих собой некоторые модели реального мира (С.Пейперт); элементы теории вычисления, теории алгоритмов и программирования (Д. Финк, Д. Кнут, Н. Вирт и другие).

Эмпирические данные по исследованию семантического влияния программирования на развитие мыслительных способностей учащихся начальных классов в процессе обучения программированию (Scratch) были получены с помощью специально разработанной методики (рамочной основы) для изучения динамики развития вычислительного мышления. Данная методика разработана на основе уровневого подхода к оцениванию усвоения знаний и информации (Б. Блум, В. П. Беспалько).

В ходе исследования также были использованы общенаучные приемы анализа и синтеза, обобщения, абстрагирования, методы группировки и классификации данных, статистические методы. **Результаты.** Разработана обобщенная структурная интерпретация вычислительного мышления и гипотетическая модель семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления обучающихся школ.

Были сделаны предварительные выводы о том, что в процессе формирования современных цифровых навыков, способствующих развитию вычислительного мышления, особое значение имеет уровень цифровой компетенции современного учителя, его умение интегрировать полезные знания и междисциплинарные навыки в глобальном информационно-образовательном пространстве, а также обеспечение непрерывности процесса обучения на всех уровнях образования.

**Заключение.** Предполагается, что результаты исследования вычислительного мышления (обобщенная структура интерпретации, гипотетическая модель семантического влияния программирования, рамочная основа оценки уровней) будут способствовать системному и комплексному изучению многоаспектных аспектов развития вычислительного мышления.

**Ключевые слова:** вычислительное мышление, программирование, обучение программированию, уровни вычислительного мышления, оценка вычислительного мышления

Manargul U. Mukasheva, Yekaterina V. Payevskaya

National Academy of Education named after I. Altynsarin, Nur-Sultan, Kazakhstan

# Semantic influence of programming on the development of thinking of students: background, research and prospects

Today, one of the highly discussed topics is the impact of global digitalization on the evolution of humankind. Although the widespread introduction of digital technology is considered to be effective and profitable, it requires competitive professionals, who think creatively, have necessary skills in working with modern technology, and are ready to master new knowledge, self-education, and self-development. The study is carried out as a part of the project AP05130982 "Semantic Impact of Programming on the Development of Computational Thinking of Students", which is being conducted at the National Academy of Education named after I. Altynsarin with the support of the grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. The semantic influence of programming on the development of computational thinking implies that with continuous learning of program, that requires high level of abstraction and logic, repetition of

experimental verification actions (automatism), visual representation of results, and the work with the elimination of syntactic and logical errors have a significant impact on the development of students' mental abilities.

**Purpose** is to study the semantic influence of knowledge and programming skills on the development of secondary school students' computational thinking in the context of programming training.

**Materials and methods.** The scientific and methodological basis of the research are: the provision on the zone of proximal development in the theory of activity (L. Vygotsky), principles of the theory of thinking (J. Piaget, J. Bruner), the concept of learning on micro worlds, which represent some models of the real world (S. Papert), elements of the theory of computation, theory of algorithms and programming (D. Fink, D. Knut, N. Wirth and others).

*The empirical data on the study of the semantic influence of programming on the development of mental abilities of primary school students in the process of learning programming (Scratch) were obtained using a specially developed technique (framework) for studying the dynamics of the development of computational thinking. This method is developed on the basis of a tiered approach to assessing the acquisition of knowledge and information (B. Bloom, V. Bepalko).*

*The study used general scientific methods of analysis and synthesis, generalization, abstraction, methods of grouping and classification of data, and statistical methods.*

**Results.** *A generalized structural interpretation of computational thinking and a hypothetical model of the semantic influence of programming on the development of computational thinking of students in schools have been developed.*

*Preliminary conclusions were drawn that the level of digital competence of a modern teacher, his ability to integrate useful knowledge and interdisciplinary skills in the global information and educational space, as well as ensuring the continuity of the learning process, are of particular importance in the process of creating modern digital skills that contribute to the development of computational thinking at all levels of education.*

**Conclusion.** *It is assumed that the results of the study of computational thinking (a generalized interpretation structure, a hypothetical model of the semantic influence of programming, a framework for assessing levels) will contribute to a systematic and comprehensive study of many aspects of the development of computational thinking.*

**Keywords:** *computational thinking, programming, learning, levels of computational thinking, assessment of computational thinking*

## Введение

В исследованиях по когнитивной психологии подчеркивается, что изменение в поведении человека, эволюции его когнитивных способностей происходит под влиянием окружающей среды, его деятельности для существования. Эволюция системы когнитивных способностей также предполагает адаптацию нейронных структур мозга человека, способствующую появлению все более сложных структур, которые генерируют эффективные мыслительные стратегии, способы управления информацией и оптимальные пути решения задачи.

Сегодня одним из наиболее обсуждаемых вопросов в мировом обществе является влияние глобальной цифровизации на эволюцию человечества. Цифровые технологии настолько стремительно и прочно вошли в жизнь общества XXI века, что стали определять стиль жизни и влиять на сознание, образ мышления и поведение людей. Как писал Клаус Шваб [1], основатель Давосского форума, — «четвертая промышленная революция основана на цифровой революции и сочетает разнообразные технологии, обуславливающие возникновение беспрецедентных изменений парадигм в экономике, бизнесе, социуме в каждой отдельной личности. Она изменяет не только то, «что» и «как» мы делаем, но и то, «кем» мы являемся».

Академик А. П. Ершов [2], отмечая значимость законов обработки информации, способов перехода от знания к действию, способности строить программы и рассуждать о них, предвидеть результаты их выполнения в поступательном развитии человеческого интеллекта, предложил включить эти вопросы в ряд фундаментальных компонентов общего образования вместе с математическими и лингвистическими концепциями. Высказывая идею, что «программирование — это вторая грамотность», ученый предполагал, что со временем цифровые технологии неизбежно окажут огромное влияние на интеллектуальное развитие человечества, содержание образования, основные положения теории и практики обучения.

Возможно, поэтому вопросы формирования и развития вычислительных навыков, вычислительного мышления все больше привлекают внимание исследователей.

С каждым годом становится все яснее идея профессора Жаннет Винг [3] из Университета Карнеги-Меллона (CMU) о превращении вычислительного мышления из философского понятия в реальность, и становление его как неотъемлемого качества человечества на пороге четвертой промышленной революции. Она отмечала, что большинство людей, в том числе и многие родители, компьютерную науку сводят лишь к компьютерному про-

граммированию, то есть они видят суть компьютерной науки в узком диапазоне. Однако вычислительное мышление — это ориентир, к которому надо стремиться преподавателям, научным работникам и практикам в области информатики, попутно меняя в обществе видение этой формы мышления и отношения к ней учителей, родителей, самих учащихся и даже дошкольников.

Следует отметить, что активное обсуждение вычислительного мышления в научной среде, многочисленные исследования ученых разных стран, посвященные различным его аспектам, показывают многогранность концепта «вычислительное мышление». В исследованиях, в частности, в докладах Национального исследовательского совета по вычислительному мышлению [4] неоднократно отмечалось, что отсутствие консенсуса по содержанию и структуре вычислительного мышления затрудняет принятие его согласованного определения, способствующего пропаганде этого фундаментального аналитического умения, свойственного представителю XXI века. Вместе с тем, наиболее актуальными на сегодняшний день являются вопросы «Оказывает ли влияние навыки программирования на развитие мышления?», «Какими способами и инструментами оценивается уровень развития вычислительного мышления?».

Задачи исследования включают следующие аспекты вычислительного мышления: теоретико-методологическое обоснование семантической связи между процессом обучения программированию и умственно-интеллектуальным развитием обучающихся; обобщение структурной интерпретации «вычислительного мышления»; разработка гипотетической модели влияния программирования на развитие мышления обучающихся в контексте обучения программированию; разработка и апробация рамочной основы оценки уровней развития вычислительного мышления.

### Обучение и мышление

Роль и место обучения (учения, научения), его влияние на развитие таких когнитивных процессов, как восприятие, память, мышление, речь, являются объектом изучения многочисленных исследований в области философии, психологии, педагогики, компьютерной науки и других.

Следует отметить, что в исследованиях мышление, мыслительные способности индивида изучаются в контексте с другими когнитивными процессами. Развитие когнитивных способностей рассматривается в контексте взаимосвязи следующих процессов: мышление, обучение и формирование навыков, развитие интеллекта.

В связи с поставленной задачей нашего исследования при обзоре научных исследований в большинстве были рассмотрены влияния процесса обучения (знания и навыки) на развитие когнитивных способностей, в частности — на развитие мышления и связанного с ним интеллекта, а также методы диагностики уровней развития мыслительных способностей и интеллекта.

Было бы неправильно не учитывать прочное влияние начальных основ на разви-

тие мышления и интеллекта, о котором нередко упоминал Ж. Пиаже в своих исследованиях: «сенсомоторный интеллект находится у истоков мышления и будет продолжать воздействовать на него в течение всей жизни через восприятие и практические ситуации» [5].

Интерпретация С. Пейперта [6] теории Ж. Пиаже, полученная под влиянием результатов обучения детей программированию (Лого) показали, что определенные Пиаже стадии развития мыслительных процессов имеют глубинный характер и особенности в условиях возрастной эволюции. С. Пейперт в процессе осмысления этих стадий в контексте раннего обучения детей основам компьютерного программирования выделил важную идею о возможном побудительном воздействии компьютерно-вычислительной культуры на развитие мыслительных процессов.

Ученый предполагает, что обычно в стадии конкретных операций дети 6–7 лет совершают прорыв во многих областях познания: кроме чтения они могут пользоваться числами, ориентироваться в пространстве и времени, классифицировать вещи, построить рассуждение на основе транзитивных отношений и др.; но дети этого возраста не умеют упорядочивать вещи по признаку, что относится к стадии формальных операций. По известному примеру С. Пейперта, если детям, которым еще не исполнилось 11–12 лет, и даже некоторым взрослым предложить распределять разноцветные шарики по различным цветовым комбинациям, то они не могут выполнить эту задачу по комбинаторике. Дети и взрослые не могут разобратся в ситуациях, в которых требуется подумать не о форме или цвете вещей, а о способах систематизации и упорядоченного расположения этих вещей.

Следовательно, С. Пейперт задается вопросом: «Что же отличает так называемые стадии конкретных операций, включающие принципы сохранения, от так называемых стадий формальных операций, включающих задачи по комбинаторике?».

Подчеркивая глубинный характер этих различий, он рассматривает этот вопрос с точки зрения программирования и приходит к совершенно иному выводу. На примере с комбинацией цветных шариков ученый объясняет особенности компонентов мышления, развивающихся на стадии формальных операций. С. Пейперт подчеркивает, что решение задачи с шариками связано с представлением о процедурах систематизации и пошаговым выполнением этой процедуры, как и в других задачах по комбинаторике и объясняет, почему дети до 11–12 лет не могут решить такие задачи. В частности, ученый констатировал тот факт, что дети (до 11–12 лет) овладевают способностями (навыками и умениями) стадии формальных операций столь поздно по причине того, что окружающая среда и культура того времени не могла предоставить ребенку возможности для развития таких компонентов мышления, как абстракция, систематизация, декомпозиция, обобщение, а также возможности проведения формальных экспериментов, способствующих пониманию связей между объектами, результатов их комбинации или рекомбинации. По мнению ученого, именно этим объясняется более чем 5-летний разрыв между возрастом, в котором осваивается принцип сохранения количества, и возрастом, в котором овладевают комбинаторными способностями. С. Пейперт в выводах своего исследования отмечает, что когда компьютеры и программирование станут частью повседневной жизни детей,



возрастной разрыв в овладении принципами сохранения количества и комбинаторикой возможно исчезнет или приобретет обратный характер: дети сначала начинают овладевать навыками систематизации, а затем оперированием количественных признаков.

Как мы установили, предположение С. Пейперта о позднем переходе на стадию формальных операций подтверждается выводами психологических исследований таких известных ученых, как Л.С. Выготский, Дж. Брунер и др.

Исследования известного психолога Л.С. Выготского [7], посвященные развитию мышления и речи, проблемам взаимосвязи психологического развития и процесса обучения, также подтверждают основополагающую функцию процесса обучения в развитии мышления ребенка. По мнению ученого, обучение только тогда хорошо, когда оно идет впереди развития и способствует пробуждению целого ряда когнитивных способностей ребенка, находящихся в стадии созревания, лежащих в зоне ближайшего развития.

Л.С. Выготский писал, что «центральный для всей психологии обучения моментом и является возможность в сотрудничестве подняться на высшую ступень интеллектуальных возможностей, возможность перехода от того, что ребенок умеет, к тому, чего он не умеет с помощью подражания. На этом основано все значение обучения для развития, а это собственное и составляет содержание понятия зоны ближайшего развития».

В исследованиях Л.С. Выготского также особо подчеркивается роль и значение подражания (или имитации) как основной формы деятельности, осуществляющей влияние обучения на развитие. Например, обучение речи, обучение в школе в огромной степени строится на подра-

жании. В школе ребенок обучается не тому, что он умеет делать самостоятельно, а тому, чего он еще делать не умеет, но что оказывается для него доступным в сотрудничестве с учителем и под его руководством. Поэтому зона ближайшего развития, определяющая эту область доступных ребенку переходов, и оказывается тем самым определяющим моментом в отношении обучения и развития — считает ученый.

Результаты исследований Л.С. Выготского показывают, что настоящее обучение всегда идет впереди развития и ведет развитие за собой, однако не все результаты процесса обучения способствуют развитию мыслительных способностей, а только те результаты, которые ребенок понимает и воспринимает. При обучении важно понять то, что обучить ребенка возможно только тому, чему он уже способен обучаться, и обучение возможно там, где есть возможность подражания. Также необходимо определить низший и высший порог обучения, так как только в пределах между обоими этими порогами обучение может оказаться плодотворным. Обучение, не учитывающее зону ближайшего развития ребенка и ориентированное на то, что ребенок уже умеет делать самостоятельно в своем мышлении, не может оказать влияние на развитие ребенка; такое обучение всего лишь ориентировано «на линию наименьшего сопротивления, на слабость ребенка, а не на его силу». В целом, выводы исследования Л.С. Выготского определили, что обучение должно ориентироваться не на вчерашний, а на завтрашний день детского развития.

Также в исследованиях Дж. Брунера [8] представлены многочисленные теоретические и эмпирические факты, подтверждающие ведущую роль обучения в развитии мыслительных способностей ребенка. По мнению ученого,

именно опережающее обучение является наиболее приемлемой формой деятельности, предоставляющей ребенку «заманчивые и вполне осуществимые возможности самому форсировать свое развитие».

Представленные выводы исследования Дж. Брунера, касающиеся сопровождения процесса обучения сотрудничеством, во многом совпадают с идеями Л.С. Выготского. И в большинстве его выводы подтверждают гипотезу С. Пейперта о том, что со временем, когда компьютеры и программирование станут частью повседневной жизни детей, возрастной разрыв между стадиями развития мышления — конкретной операции и формальной операции — постепенно исчезнет.

Дж. Брунер выделяет три основных момента процесса освоения информации при обучении: получение новой информации, знаний (познание фактов), преобразование или трансформация знаний (оперирование с полученной информацией) и оценивание, насколько адекватно было использована информация (проверка выводов). Основная задача обучения в каждом из этих моментов заключается в побуждении ребенка к ускоренному переходу от одной стадии умственного развития к другой с помощью сотрудничества (учителя) и средствами (инструментами) обучения. В процессе усвоения ребенком основных понятий самое важное — помочь ему в постепенном переходе от конкретного мышления к использованию абстрактно-понятийных способов мышления.

Таким образом, анализ представленных выше и других исследовательских работ в области влияния обучения на развитие мышления показывает опережающую позицию обучения в развитии когнитивных способностей, в том числе и мышления ребенка.

В этом контексте, исходя из данных выводов исследователей, вполне возможно предположить, что основной задачей раннего обучения программированию в школе также является обеспечение благоприятного перехода от одной стадии умственного развития к другой.

### **Интерпретация вычислительного мышления**

В процессе обучения, как и во всех эволюционных процессах, развиваются новые тенденции, появляются новые понятия, методы и инструменты обучения и оценивания результатов обучения. Современная наука, рассматривая процесс обучения как информационный процесс, выдвигает совершенно новые концепты: «вычислительное мышление» (computational thinking), «человеческое вычисление» (human computation, [9]), «человеческое глубинное изучение — метод коллективного интеллекта в режиме реального времени» (human swarming, real-time method for collective intelligence, [10]) и многие другие.

Не так давно появившийся феномен «вычислительное мышление» [3], несмотря на отсутствие его общепринятого определения [4, 11, 12, 13], все чаще стал привлекать внимание ученых и исследователей из разных научных областей: вычислительной математики, педагогики, психологии, философии мышления, программирования и других.

Предпосылки воздействия абстрактного вычисления и вычислительных машин на эволюцию мышления человека впервые были рассмотрены в работах таких ученых в области программирования и искусственного интеллекта, как Д. Финк [14], С. Пейперт [6], Д. Кнут [15].

Д. Финк в своей книге «Вычислительные машины и человеческий разум», посвященной

особенностям человеческого и искусственного интеллекта, предполагает, что интеллектуальный уровень человечества, создавшего мыслящую машину (компьютер), будет в значительной мере отличаться от интеллектуального уровня, существовавшего на тот момент, когда только начинались попытки создания такой машины. Вычислительные машины будут способствовать развитию человеческого интеллекта, а самое важное — подобное совершенствование найдет свое отражение не столько в изменении способностей каждого отдельного индивидуума, сколько в изменении суммы общечеловеческих знаний.

За последние годы появились многочисленные определения и концепции вычислительного мышления. В исследованиях вычислительное мышление рассматривается как более укрупненный мыслительный процесс, включающий в себя алгоритмическое и параллельное мышление, которые побуждают и другие мыслительные процессы: композиционное рассуждение, паттерновое мышление, процедурное мышление и рекурсивное мышление. В основе вычислительного мышления лежат не только конкретные виды мышления или деятельности, но и автоматизированные практические навыки, полученные при решении задач и проблем с помощью вычислительных устройств. В этом плане компьютерные дисциплины, в том числе и программирование, являются наиболее подходящими инструментами, объединяющими реализацию всех этих мыслительных процессов и процесса формирования автоматизированных навыков.

Также существует предположение ученых о том, что мыслительные процессы вычислительного мышления должны включать в себя практический опыт в той области, где приме-

няются конкретные вычислительные модели [13]. На наш взгляд, это не противоречит концепции вычислительного мышления, однако это будет происходить на высоком профессиональном уровне образования, например, в вузе.

Имеются и другие обоснованные выводы ученых, в которых вычислительное мышление рассматривается как результат естественной эволюции человеческого понимания компьютерных наук, и оно не связано с использованием конкретных программ или языков программирования [16, 17].

В исследованиях вычислительное мышление рассматривается как набор когнитивных навыков и способов решения проблем, имеющих следующие характеристики:

- использование абстракций и определение шаблонов для представления проблемы разными новыми способами;
- логическая организация и анализ данных;
- декомпозиция проблемы на подзадачи;
- подход к проблеме с использованием таких алгоритмических приёмов, как циклы, символьное представление и логические операции;
- решение проблемы в виде ряда последовательных шагов (алгоритм);
- выявление, анализ и реализация возможных решений с целью достижения наиболее эффективного и результативного сочетания шагов и ресурсов;

- обобщение процесса решения одной проблемы на широкий спектр схожих задач.

Несмотря на существование различных подходов к определению вычислительного мышления, в более поздних исследованиях ученые часто отмечают, что вычисление и вычисляемые модели все глубже проникают во все области науки, в том числе социальные и гуманитарные науки, при этом особо подчеркивается

влияние этих явлений на развитие когнитивных способностей человека [12, 13].

В целом, результаты анализа различных подходов к определению концепта «вычислительное мышление» позволили выделить девять основных компонентов, которые можно включить в его обобщенную интерпретацию (Приложение 1).

В основе вычислительного мышления лежат конкретные физические навыки решения проблем, способствующие развитию мыслительных навыков (мыслить логично, четко и последовательно, при этом учитывая важные детали проблемы) и умений находить эффективные способы решения проблем с предоставлением четкого алгоритма действий. И предполагается, что изучение программирования и других компьютерных дисциплин больше всего позволяет объединить все эти разнообразные навыки, которые необходимы для современного человека и меняет многое в его жизни: общение, образование, тайм-менеджмент, ведение бизнеса, совершение покупок и другие.

#### **Семантическое влияние программирования на развитие вычислительного мышления**

Один из сложных моментов в исследовании феномена «вычислительное мышление» обусловлен отсутствием единого системного подхода к изучению этого многоаспектного и междисциплинарного направления. Существует множество различных подходов и концепций к изучению вычислительного мышления: личностные, системно-деятельностные, функционально-генетические, психофизиологические, психометрические (факторно-аналитические), когнитивные, информационные и другие.



**Рис. 1. Семантическое влияние программирования на развитие вычислительного мышления**

Теоретико-информационный подход к исследованию процесса мышления, появившийся в конце XIX века, позволяет изучить процесс мышления с точки зрения кибернетики, используя такие мощные инструменты, как теория информации, теория вероятности, математическая логика, теория вычислений, вычислительная лингвистика и другие.

Тем не менее, различные подходы к изучению вычислительного мышления выделяют основополагающую функцию и значимость процесса обучения в развитии вычислительного мышления.

Фундаментальные принципы теории развития мыслительных процессов в обучении, а также результаты современных исследований по изучению влияния вычислительных процессов на развитие когнитивных способностей способствовали установлению информационно-семантической связи между процессом обучения программированию и умственно-интеллектуальным развитием обучающихся.

Информационная парадигма и применение принципов методологии информационного анализа к явлениям

(процессам) предусматривают следующие функционально структурированные информационные уровни организации целостно существующих явлений и процессов [18]: событийно-фактологический (первичная информация); статистическо-знаковый (кодовая информация); синтаксическо-языковой (информационная грамматика); семантико-смысловой (явный информационный смысл); семантико-содержательный (скрытый информационный смысл); волевое информационное векторное целеполагание (позитивное и негативное); генетический (генетическая и наследственная информация); субстанциональный (единый сущностный информационный принцип или глубинная первопричина целостного существования всех явлений и процессов).

Применение принципов методологии информационного анализа к мышлению как к явлению подтверждает, что выделяемые нами компоненты вычислительного мышления в своем большинстве относятся к семантико-смысловому или семантико-содержательно-му уровню процесса развития мышления (рис. 1).



### Гипотетическая модель семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления

Основой построения гипотетической модели семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления обучающегося является трехуровневая информационная модель развития алгоритмического стиля мышления (АСМ), которая содержит три составляющие (уровни): понятийную, чувственную и модельную [19]. Предполагается, что формированию различных уровней способствуют соответствующие знания и навыки по программированию: понятийный уровень — формальная запись алгоритма, модельный уровень — построение ментальных карт и блок-схем, чувственный уровень — формирование образов, ментальных схем.

Разрабатываемая нами гипотетическая модель семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления является одним из видов моделей процесса развития мыслительных способностей учащихся с помощью методической системы обучения программированию.

Непрерывность процесса обучения программированию стала одним из основных принципов при построении гипотетической модели семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления. Поэтому соответствующие уровни образования: начальное, основное среднее и общее среднее — являются горизонтальными управляющими элементами разрабатываемой модели.

Другим важным составляющим этой модели выступает вычислительное мышление, которое формируется и развивается в процессе обучения



Рис. 2. Гипотетическая модель влияния программирования на развитие вычислительного мышления обучающихся

программированию и другим учебным предметам в школе.

При этом каждый выделяемый нами компонент вычислительного мышления: аналитическое изучение информации, декомпозиция информации (задачи, ситуации, процессов), алгоритмизация и автоматизация действий, создание шаблонных (паттерновых) решений на основе обобщения знаний и др. будут рассматриваться как навыки, имеющие определенные характеристики и уровни сформированности.

Предполагается, что формированию этих навыков будет способствовать методическая система обучения программированию, которая включает в себя: цели, содержание, формы, методы, средства обучения и систему оценивания.

Таким образом, основными составляющими разрабатываемой гипотетической модели семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления являются соответствующие уровни образования в школе, методическая система обучения программированию и структурные компоненты вычислительного мышления (рис. 2).

### Рамочные основы оценки уровней развития вычислительного мышления

Проверка и оценка уровня знаний и навыков после завершения курса или учебного предмета по компьютерным наукам, в частности — по программированию, всегда вызывает много вопросов. В этом плане возник еще один немаловажный вопрос: насколько эти знания и навыки оказывают влияние на развитие вычислительного мышления обучающегося, как это проверить и оценить? Исследователи справедливо отмечают слабую разработанность проблемы оценивания вычислительного мышления [20]. Тем не менее, имеются некоторые модели взаимосвязи между вычислительным мышлением, навыками программирования и образовательной таксономией [11].

Сложность разработки таксономических инструментов для изучения динамики развития вычислительного мышления в процессе обучения программированию связаны со следующими факторами: неустойчивость структуры (компонентов) вычислительного мышления; высокий уровень

междисциплинарности исследования; отсутствие единой концепции обучения программирования в школе, слабая разработанность методической системы обучения программированию и другие.

Разработанная нами рамочная основа оценки уровня развития вычислительного мышления состоит из четырех уровней с соответствующими количественными и качественными показателями сформированности и развития структурных компонентов вычислительного мышления в процессе обучения программированию [21].

Первая апробация разработанной рамочной основы была проведена в октябре-декабре 2019 года. В исследовании приняли участие обучающиеся 4 и 5 классов общеобразовательных школ г. Нур-Султана, которые в рамках школьной программы изучают основы программирования в среде Scratch.

Обучающимся были предложены вопросы и сюжетные задания, направленные на

определение уровня развития компонентов вычислительного мышления (рис. 3).

Следует отметить, что решение прикладных (или сюжетных) задач по программированию представляет собой информационную деятельность, которая состоит из последовательных этапов и приводит к снятию неопределенности и достижению цели [22].

Первым заданием было выбрать понравившийся сюжет из перечисленных пяти сюжетов и пояснить, чем именно он понравился. Сюжеты различались персонажами, ситуациями, местом действия и пр. Также они отличались наличием или отсутствием смысла, реальностью или нереальностью происходящих событий и пр.

Интересно, что 33% обучающихся 4-х классов в своем большинстве выбирали реальные сюжеты (о том, как акула хотела съесть рыбу, но ее напугал проплывающий мимо корабль и т.д.), в то время как только 20% учащихся 5-х клас-









сов указали в понравившихся реальный сюжет. Не имеющие связи с реальностью, сказочные сюжеты (о том, как котенок, жеребенок и динозаврик играли в прятки; как в гости к гусенку пришли акула и золотая рыбка и т.д.) были в приоритете и у обучающихся 4-х классов, и у обучающихся 5-х классов. Абсолютно бессмысленные сюжеты (о том, как динозаврик заблудился в лесу, где увидел корабль и т.д.) не выбрал никто.

Что касается остальных заданий, направленных на определение способности аналитического изучения информации, декомпозиции информации (задачи, ситуации, процессов) и пр. компонентов, то у 19% обучающихся возникли сложности с их выполнением, а среди обучающихся 5-х классов таких испытуемых было 14%.

Результаты первичной апробации рамочной основы оценки уровней развития вычислительного мышления обучающихся 4–5 классов по-

**2 – ТАПСЫРМА**

**2 – сюжет.**  
Аулада Сары мысық, Көңілді құлыншақ және Кішкентай динозавр кездесіп қалды. Олар жасырынбақ ойнай бастады. Сары мысық орманға тығылды. Көңілді құлыншақ және Кішкентай динозавр машинаға тығылды. Өзіңіз таңдаған сюжет-сценарийға қатысатын кейіпкерлер мен объектілерді көрсетіңіз.

1	2	3	4	5	6	7	8
Алтын балық	Сары мысық	Қанқызы – Божья коровка	Саққұлақ күшік	Машина	Орман	Көңілді құлыншақ	Кішкентай динозавр
							

**3 – ТАПСЫРМА**

**2 – сюжет.**  
Аулада Сары мысық, Көңілді құлыншақ және Кішкентай динозавр кездесіп қалды. Олар жасырынбақ ойнай бастады. Сары мысық орманға тығылды. Көңілді құлыншақ және Кішкентай динозавр машинаға тығылды. Сюжет-сценарийға жетпей тұрған кейіпкердің немесе объектінің атын тауып жазыңыз.





2	5	6	7	8
Сары мысық		Орман	Көңілді құлыншақ	Кішкентай динозавр
	Не жетпейді?			

Рис. 3. Фрагмент сюжетного задания для обучающихся 4–5 классов



казали, что абстрактно-понятийное восприятие информации (процессов) и критическое осмысление ситуаций активно развивается у обучающихся 4 классов, которые непрерывно изучают программирование в среде Scratch в течение двух лет в рамках обновления содержания среднего образования в Республике Казахстан.

## Заключение

Результаты нашего исследования на данном этапе выступают как методологический инструмент для изучения динамики развития вычислительного мышления в процессе обучения программированию.

Предполагается, что разработанная схема исследования вычислительного мышления (обобщенная структура интерпретации, гипотетическая модель семантического влияния программирования, рамочная основа оценки уровней) может способствовать систематизации и обобщению подходов, концепций к изучению этого концепта, а также выявлению новых явлений и закономерностей в его развитии.

Включение содержательной линии по алгоритмизации и программированию в учебные программы общеобразовательной школы оказывает положи-

тельное влияние на решение проблем по формированию современных цифровых навыков, способствующих развитию вычислительного мышления.

В этом контексте следует отметить, что современные реалии с каждым разом все больше и больше подтверждают необходимость значительного пересмотра содержания школьного образования по компьютерным наукам. В ряде стран начали активно внедрять в учебные планы начальной школы учебные предметы обучающие основам программирования. Во Великобритании, Финляндии, Эстонии, Франции, Австралии и других странах мира учащиеся начальных классов изучают основу программирования. Они осваивают базовые понятия алгоритмизации и навыки вычислительного мышления через игры, решая сюжетные задачи на различные ситуации. Тенденцию раннего обучения программированию в школе поддерживают многочисленные ведущие вендоры в области информационных технологий. Эти компании не только предоставляют доступные инструменты для программирования, но и также повсеместно поддерживают идею обучения программированию в школе. Огромное количество пользователей таких ресурсов,

как MIT's Scratch, Codecademy, Code.org и др. показывают растущий интерес современного общества людей к знанию и пониманию искусства программирования.

На наш взгляд, другим не менее важным моментом в обучении программированию в школе является обеспечение непрерывности процесса обучения на всех уровнях образования. Непрерывность процесса обучения программированию подразумевает ознакомление учащихся с элементами программирования с начального уровня (1–4 классы) с постепенным развитием вычислительных навыков и умений на последующих уровнях школьного образования (5–9 классы). На старших ступенях общеобразовательной школы рекомендуется дифференцированное изучение курса программирования по укрупненным направлениям сферы будущей профессиональной деятельности, например: инженерия, бизнес, лингвистика, психология и др. Целесообразно, если содержание курса программирования или разделы по программированию будут иметь согласованную структуру, построенную по спиральному принципу, как и в других учебных предметах школы или вуза.

## Литература

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: «Эксмо», 2016. 138 с.
2. Ершов А.П. Программирование — вторая грамотность. URL: [http://ershov.iis.nsk.su/ru/second\\_literacy/article](http://ershov.iis.nsk.su/ru/second_literacy/article) (дата обращения 11.08.2019).
3. Wing, J. Computational Thinking, In Communications of the ACM. 2006. № 49 (3). P. 33–35.
4. National Research Council Report of a Workshop on the Scope and Nature of Computational Thinking, the National Academies Press, Washington, D.C., 2010. 114 p.
5. Пиаже, Ж. Психология интеллекта. СПб: Издательство «Питер», 2003. 192 с.
6. Пейперт С. Переворот в сознании: Дети, компьютеры, плодотворные идеи / пер. с англ.

под. ред. А.В. Беляевой, В.В. Леонаса. М.: Педагогика, 1989. 224 с.

7. Выготский Л.С. Мышление и речь. Психологические исследования. Москва, Ленинград: Гос. Социально-экономическое изд-во, 1934. 325 с.

8. Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации / пер. с англ. под ред. А.Р. Лурия. М.: «Прогресс», 1977. 783 с.

9. Law, E. & von Ahn, L. Human Computation, In Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning, 2011. № 5 (3). P. 1–121.

10. Rosenberg, L. B. Human Swarms, a real-time method for collective intelligence // In Proceedings of the European Conference on Artificial Life, 2015. P. 658–659. DOI: 10.7551/978-0-262-33027-5-ch117

11. Selby C. Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy, in the 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, United Kingdom, 2015. 80–87. DOI: 10.1145/2818314.2818315
12. Artym C., Carbonaro M., Boechler P. Evaluating Pre-Service Teachers' Computational Thinking Skills in Scratch // In Ubiquitous Learning: An International Journal. 2017. 10 (2). 43–65.
13. Denning P.J. Computational Thinking in Science, In American Scientist. 2017. № 105(1). P. 13–17.
14. Финк Д. Вычислительные машины и человеческий разум / пер. с англ. под ред. А. В. Шилейко. М.: Мир, 1967. 297 с.
15. Knuth D.E. Algorithms in modern mathematics and computer science, in lecture notes in computer science. 1981. № 122. P. 82–89.
16. Koh Kyu Han. Computational thinking pattern analysis: a phenomenological approach to compute computational thinking, in computer science graduate theses & dissertations, 2014. № 86. URL: [http://scholar.colorado.edu/csci\\_gradetds/86](http://scholar.colorado.edu/csci_gradetds/86) (дата обращения: 28.07.2019).
17. Bell T., Alexander J., Freeman I. & Grimley M. Computer science unplugged: school students doing real computing without computers.

## References

1. Shvab K. Chetvertaya promyshlennaya revolyutsiya = Fourth Industrial Revolution. Moscow: Eksmo; 2016. 138 p. (In Russ.)
2. Yershov A.P. Programmirovaniye – vtoraya gramotnost' = Programming is second literacy. [Internet]. Available from: [http://ershov.iis.nsk.su/ru/second\\_literacy/article](http://ershov.iis.nsk.su/ru/second_literacy/article) (cited 11.08.2019). (In Russ.)
3. Wing, J. Computational Thinking, In Communications of the ACM. 2006; 49 (3): 33–35.
4. National Research Council Report of a Workshop On The Scope And Nature Of Computational Thinking, The National Academies Press, Washington, D.C., 2010. 114 p.
5. Piazhe, ZH. Psikhologiya intellekta = Psychology of intelligence. St. Petersburg: Publishing house «Peter»; 2003. 192 p. (In Russ.)
6. Peypert S. Perevorot v soznanii: Deti, komp'yutery, plodotvornyye idei: Per. s angl. Pod. Red. A.V. Belyayevoy, V.V. Leonasa = Coup in consciousness: Children, computers, fruitful ideas: Per. from English Under. Ed. A.V. Belyaeva, V.V. Leonas. Moscow: Pedagogy; 1989. 224 p. (In Russ.)
7. Vygotskiy L.S. Myshleniye i rech'. Psikhologicheskiye issledovaniya = Thinking and Speech. Psychological research. Moscow, Leningrad: State. Socio-economic publishing house; 1934. 325 p. (In Russ.)
8. Bruner Dzh. Psikhologiya poznaniya. Za predelami neposredstvennoy informatsii / per. s angl.

2009. URL: <https://www.researchgate.net> (дата обращения: 08.07.2019).

18. Дятлов С.А. Принципы информационного общества // Информационное общество. Выпуск 2. М.: Институт развития информационного общества, 2002, с. 77–85

19. Пушкарева Т.П., Калитина В.В., Степанова Т.А. Развитие алгоритмического стиля мышления при обучении программированию в вузе. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015, 82 с.

20. Kalelioglu, F. Characteristics of Studies Conducted on Computational Thinking: A Content Analysis. In M.S. Khine (Ed.), Computational Thinking in the STEM Disciplines: Foundations and Research Highlights Springer Heidelberg. 2018.

21. Мукашева М.У., Жумагулова З.А., Абдибекова С.К. Методологическое обоснование семантического влияния программирования на развитие вычислительного мышления обучающегося. Отчет о научно-исследовательской работе. Гос. регистрация № 0118PK01284, НАО им. И. Алтынсарина – Нур-Султан, 2019. 39 с.

22. Mukasheva, M. & Zhilbayev, Zh. Continuous and Ubiquitous Programming: Learning in Kazakhstani Schools // In Ubiquitous Learning: An International Journal. 2016. № 9(2). P. 13–27.

pod red. A.R. Luriya = Psychology of knowledge. Outside of direct information; Tr. from English Ed. A.R. Luria. Moscow: «Progress»; 1977. 783 p. (In Russ.)

9. Law E. & von Ahn L. Human Computation, In Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning. 2011; 5 (3): 1–121.

10. Rosenberg L. B. Human Swarms, a real-time method for collective intelligence. In Proceedings of the European Conference on Artificial Life. 2015: 658–659. DOI: 10.7551/978-0-262-33027-5-ch117

11. Selby C. Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy, In The 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education, United Kingdom. 2015: 80–87. DOI: 10.1145/2818314.2818315

12. Artym S., Carbonaro M., Boechler P. Evaluating Pre-Service Teachers' Computational Thinking Skills in Scratch // In Ubiquitous Learning: An International Journal. 2017; 10(2): 43–65.

13. Denning P. J. Computational Thinking in Science, In American Scientist. 2017. № 105(1). P. 13–17.

14. Fink D. Vychislitel'nyye mashiny i chelovecheskiy razum / per. s angl. pod red. A.V. Shileyko = Computing machines and the human mind. Per. from English Ed. A.V. Shileyko. Moscow: Mir; 1967. 297 p. (In Russ.)

15. Knuth, D. E. Algorithms in modern mathematics and computer science, In Lecture Notes in Computer Science. 1981; 122: 82–89.

16. Koh, Kyu Han. Computational Thinking Pattern Analysis: A Phenomenological Approach to Compute Computational Thinking, In Computer Science Graduate Theses & Dissertations. 2014: 86. [Internet]. Available from: [http://scholar.colorado.edu/csci\\_gradetds/86](http://scholar.colorado.edu/csci_gradetds/86) (cited: 28.07.2019).
17. Bell, T., Alexander, J., Freeman, I. & Grimley, M. Computer Science Unplugged: school students doing real computing without computers. [Internet]. 2009. Available from: <https://www.researchgate.net> (cited: 08.07.2019).
18. Dyatlov S. A. The principles of the information society. Information Society. Issue 2. Moscow: Institut razvitiya informatsionnogo obshchestva = Institute for the Development of the Information Society. 2002: 77–85. (In Russ.)
19. Pushkareva T.P., Kalitina V.V., Stepanova T.A. Razvitiye algoritmicheskogo stilya myshleniya pri obuchenii programmirovaniyu v vuze = The development of an algorithmic style of thinking in teaching programming at a university. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2015. 82 p. (In Russ.)
20. Kalelioglu, F. Characteristics of Studies Conducted on Computational Thinking: A Content Analysis. In M. S. Khine (Ed.), Computational Thinking in the STEM Disciplines: Foundations and Research Highlights Springer Heidelberg. 2018.
21. Mukasheva M.U., Zhumagulova Z.A., Abdibekova S.K. Metodologicheskoye obosnovaniye semanticheskogo vliyaniya programmirovaniya na razvitiye vychislitel'nogo myshleniya obuchayushchegosya. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote. Gos.registratsiya № 0118RK01284 = Methodological substantiation of the semantic influence of programming on the development of the student's computational thinking. Report on research work. State registration number 0118RK01284, NAO them. I. Altynsarin – Nur-Sultan, 2019.39 p.
22. Mukasheva, M. & Zhilbayev, Zh. Continuous and Ubiquitous Programming: Learning in Kazakhstan Schools. In Ubiquitous Learning: An International Journal. 2016; 9(2): 13–27.

#### Сведения об авторах

**Манаргуль Умирзаковна Мукашева**  
Национальная академия образования  
им. И. Алтынсарина  
Нур-Султан, Казахстан  
Эл. почта: [mg.mukasheva@gmail.com](mailto:mg.mukasheva@gmail.com)

**Екатерина Владимировна Паевская**  
Национальная академия образования  
им. И. Алтынсарина  
Нур-Султан, Казахстан  
Эл. почта: [pev3694@mail.ru](mailto:pev3694@mail.ru)

#### Information about the authors

**Manargul U. Umirzakovna**  
National Academy of Education  
named after I. Altynsarin  
Nur-Sultan, Kazakhstan  
Email: [mg.mukasheva@gmail.com](mailto:mg.mukasheva@gmail.com)

**Yekaterina P. Vladimirovna**  
National Academy of Education  
named after I. Altynsarin  
Nur-Sultan, Kazakhstan  
E-mail: [pev3694@mail.ru](mailto:pev3694@mail.ru)