

DOI: 10.25629/HC.2026.10.26

УДК: 159.922.6

ВАК: 5.3.7. Возрастная психология

Никифорова Кристина Андреевна, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, ORCID: 0009-0000-4302-4406, kkrisinger1990@gmail.com

Демарева Валерия Алексеевна, кандидат психологических наук, доцент, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, ORCID: 0000-0002-3228-9289

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА ОТ СТАРШЕГО ПОДРОСТКОВОГО ВОЗРАСТА К РАННЕЙ ЮНОСТИ

Аннотация

Переход от старшего подросткового возраста к ранней юности является значимым этапом когнитивного развития, в течение которого продолжается становление сложных форм решения задач, абстрагирования и метакогнитивной регуляции. Цель исследования состояла в изучении особенностей вычислительного мышления у обучающихся 15–19 лет, осваивающих программистские и непрограммистские направления подготовки. В исследовании приняли участие 58 первокурсников колледжа: 27 обучающихся программистских и 31 обучающийся непрограммистских направлений подготовки. Для оценки вычислительного мышления использовалась методика СТ-40, включающая 40 заданий на декомпозицию, распознавание закономерностей, абстрагирование, алгоритмическое мышление и оценивание. Методика также предусматривала оценку уверенности после каждого ответа, что позволило рассмотреть метакогнитивную калибровку решения. СТ-40 продемонстрировала высокую внутреннюю согласованность (α Кронбаха = .91, KR-20 = .91, ω Макдональда = .92). Обучающиеся программистских направлений показали более высокий общий результат вычислительного мышления по сравнению с обучающимися непрограммистских направлений (82,9% против 60,3%; t Уэлча = 4,87; $p < .001$; d Козна = 1,24). Различия обнаружены по всем компонентам, при этом наиболее выраженными они были для алгоритмического мышления и абстрагирования. Различия проявились и на метакогнитивном уровне: в группе программистов ответы, сопровождавшиеся уверенностью в их правильности, действительно были правильными в 91% случаев против 70% в группе непрограммистских направлений. Полученные результаты показывают, что в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности обучение на программистских и непрограммистских направлениях связано с различиями не только в результативности вычислительного мышления, но и в метакогнитивной оценке собственных решений.

Ключевые слова

вычислительное мышление, когнитивное развитие, старший подростковый возраст, ранняя юность, программирование, метакогнитивная регуляция, решение задач

Nikiforova K.A., Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, ORCID: 0009-0000-4302-4406, kkrisinger1990@gmail.com

Demareva V.A., Cand. Sci. (Psychology), Associate Professor, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, ORCID: 0000-0002-3228-9289

COMPUTATIONAL THINKING DURING THE TRANSITION FROM LATE ADOLESCENCE TO EMERGING ADULTHOOD

Abstract

The transition from late adolescence to emerging adulthood constitutes a significant stage of cognitive development during which complex forms of problem solving, abstraction, and metacognitive regulation continue to develop. The aim of the study was to examine the characteristics of computational thinking in students aged 15–19 enrolled in programming and non-programming educational tracks. The sample included 58 first-year college students: 27 enrolled in programming tracks and 31 in non-programming tracks. Computational thinking was assessed using the CT-40 instrument, which comprises 40 tasks measuring decomposition, pattern recognition, abstraction, algorithmic thinking, and evaluation. The instrument also included a confidence rating after each response, which made it possible to examine the metacognitive calibration of decision-making. The CT-40 demonstrated high internal consistency (Cronbach's $\alpha = .91$, KR-20 = .91, McDonald's $\omega = .92$). Students enrolled in programming tracks showed a higher overall level of computational thinking than students in non-programming tracks (82.9% vs. 60.3%; Welch's $t = 4.87$; $p < .001$; Cohen's $d = 1.24$). Differences were found across all components, with the most pronounced effects observed for algorithmic thinking and abstraction. Differences also emerged at the metacognitive level: in the programming group, responses accompanied by confidence in their correctness were in fact correct in 91% of cases, compared with 70% in the non-programming group. The findings indicate that during the transition from late adolescence to emerging adulthood, education in programming and non-programming tracks is associated not only with differences in computational thinking performance, but also with differences in the metacognitive evaluation of one's own solutions.

Keywords

computational thinking, cognitive development, late adolescence, emerging adulthood, programming, metacognitive regulation, problem solving

Введение

Переход от старшего подросткового возраста к ранней юности представляет собой значимый этап когнитивного развития, связанный с совершенствованием сложных форм мыслительной деятельности и произвольной регуляции. В этот период расширяются возможности оперирования абстрактными отношениями, построения и проверки гипотез, планирования последовательности действий и контроля полученного результата. В классических представлениях Ж. Пиаже данные изменения связываются со становлением формально-операционального мышления, обеспечивающего возможность гипотетико-дедуктивного рассуждения (Piaget, 1972). В культурно-исторической и деятельностной традиции развитие сложных способов решения задач рассматривается во взаимосвязи с обучением и освоением формируемых в деятельности умственных действий

(Выготский, 1982; Гальперин, 1985). В работах П.Я. Гальперина подчеркивается роль поэтапного формирования и интериоризации умственных действий (Гальперин, 1985), а в концепции В.В. Давыдова – значение учебной деятельности для становления теоретического мышления и способности к содержательному обобщению (Давыдов, 1996).

Существенные изменения на данном возрастном этапе затрагивают не только результативную, но и регуляторную сторону интеллектуальной деятельности. Развитие рефлексии и метакогнитивного мониторинга создает предпосылки для более точной оценки собственных действий и их результатов, обнаружения ошибок и изменения способа решения (Flavell, 1979; Weil et al., 2013). Поэтому характеристика когнитивной деятельности в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности предполагает рассмотрение не только успешности выполнения интеллектуальных задач, но и способности субъекта оценивать правильность собственного решения.

Современная цифровая образовательная среда расширяет спектр видов деятельности, в которых реализуются и совершенствуются данные когнитивные возможности. Одним из таких видов деятельности является программирование, требующее анализа условий задачи, выделения существенной информации, декомпозиции проблемы, построения последовательности действий, проверки полученного результата и коррекции ошибок. Освоение программирования в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности представляет особый интерес, поскольку совпадает с этапом перехода к более специализированной учебной и учебно-профессиональной деятельности. Вместе с тем наличие опыта программирования не может само по себе рассматриваться как причина когнитивных различий: в поперечном исследовании невозможно отделить эффект обучения от возможного первоначального отбора обучающихся с различающимися когнитивными характеристиками.

Одним из конструкторов, позволяющих описывать способы решения сложных задач в цифровой среде, является вычислительное мышление (ВМ, *computational thinking*). После работы Дж. Уинг данный термин получил широкое распространение в исследованиях образования и когнитивной деятельности (Wing, 2006). Вычислительное мышление понимается как организованный способ решения задач, включающий анализ проблемы, выделение ее компонентов, обнаружение закономерностей, абстрагирование существенной информации и построение последовательности действий, приводящей к решению (Ezeamuzie & Leung, 2022; Shute et al., 2017; Wing, 2006).

С возрастно-психологической точки зрения данные компоненты представляют интерес не как изолированные технические навыки, связанные исключительно с программированием, а как способы организации интеллектуальной деятельности. Декомпозиция требует анализа структуры задачи и выделения ее составляющих; абстрагирование – отделения существенных признаков от несущественных; алгоритмическое мышление – построения и удержания последовательности операций; оценивание – контроля полученного результата. Тем самым ВМ функционально связано с теми сторонами когнитивного развития, которые совершенствуются в подростковом возрасте и при переходе к ранней юности: абстрактным и логическим мышлением, планированием и произвольным контролем интеллектуальной деятельности (Выготский, 1982; Piaget, 1972).

Эмпирические исследования показывают связь вычислительного мышления с общими когнитивными характеристиками, включая решение задач, планирование и исполнительные функции (Montuori et al., 2024). В образовательных исследованиях программирование рассматривается как один из основных контекстов формирования и реализации вычислительного мышления (Lee et al., 2022; Sun et al., 2021). Решение программистских задач предполагает многократное выполнение операций декомпозиции, абстрагирования, распознавания закономерностей, построения алгоритмов, тестирования и исправления ошибок. Получение непосредственной обратной связи при выполнении программы также создает условия для проверки

собственного решения и его последующей коррекции. Поэтому систематический опыт программирования может быть связан как с результативными характеристиками ВМ, так и с особенностями контроля собственного решения.

Вместе с тем вычислительное мышление не следует отождествлять с умением программировать. Оно рассматривается как более широкий когнитивный конструкт, применимый к решению задач, не требующих написания или понимания программного кода (Chen et al., 2023; Ezeamuzie & Leung, 2022; Shute et al., 2017; Wing, 2006). Это положение особенно существенно при исследовании возрастно-психологических особенностей ВМ, поскольку позволяет сопоставлять обучающихся с различным образовательным опытом с помощью заданий, доступных независимо от знания конкретного языка программирования.

Отдельной проблемой остается оценка вычислительного мышления. Современные подходы включают тестовые и задачные методики, опросники, наблюдение, интервью и анализ продуктов деятельности, при этом используемые инструменты существенно различаются по тому, какие компоненты ВМ они позволяют оценивать (Babazadeh & Negrini, 2022). Для возрастно-психологического исследования важно, чтобы используемый инструмент позволял оценивать способы решения задач независимо от владения программным кодом и одновременно различать отдельные компоненты вычислительного мышления. В настоящем исследовании для этой цели использована разработанная авторами методика СТ-40, включающая задания на декомпозицию, распознавание закономерностей, абстрагирование, алгоритмическое мышление и оценивание. Методика не требует предшествующего знания программирования и позволяет анализировать как общий результат, так и профиль отдельных компонентов ВМ.

Дополнительную возможность для изучения регуляторной стороны решения задач дает оценка уверенности участника после каждого ответа. Метакогнитивный мониторинг предполагает оценку человеком состояния и результатов собственной познавательной деятельности (Flavell, 1979; Nelson, 1990). Метакогнитивные способности продолжают развиваться в подростковом возрасте, в том числе совершенствуется соответствие субъективной уверенности объективной успешности выполнения задач (Weil et al., 2013). Поэтому сопоставление правильности ответа и уверенности в нем позволяет разграничить объективную результативность и субъективную оценку собственного решения.

Таким образом, актуальным является исследование вычислительного мышления в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности с учетом двух взаимосвязанных аспектов: результативности решения задач и метакогнитивной регуляции собственной деятельности. Особый интерес представляет сопоставление обучающихся одной возрастно-образовательной когорты, различающихся по опыту освоения программирования. Такой дизайн позволяет рассмотреть программирование как образовательный контекст индивидуальных различий в ВМ, не приписывая выявляемым различиям причинного характера.

Цель исследования – выявить особенности вычислительного мышления и метакогнитивной регуляции решения задач у обучающихся программистских и непрограммистских направлений подготовки в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности.

Для достижения цели была разработана методика СТ-40, предназначенная для оценки общего уровня и отдельных компонентов вычислительного мышления без необходимости владения программированием, и проведено сравнение обучающихся программистских и непрограммистских направлений подготовки.

Предполагалось, что обучающиеся программистских и непрограммистских направлений подготовки будут различаться по результативности вычислительного мышления, причем выраженность этих различий может быть неодинаковой для отдельных его компонентов. Также предполагалось, что межгрупповые различия могут проявляться на метакогнитивном уровне – в соотношении субъективной уверенности в правильности ответа и объективной успешности решения.

Задачи исследования: оценить психометрические характеристики разработанной методики СТ-40; сопоставить общий уровень и профиль компонентов вычислительного мышления у обучающихся программистских и непрограммистских направлений подготовки; проанализировать особенности метакогнитивной оценки правильности решения в двух группах. Новизна исследования состоит в совместном рассмотрении результативных и метакогнитивных характеристик вычислительного мышления в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности. Теоретическая значимость связана с уточнением представлений о вычислительном мышлении как комплексной характеристике интеллектуальной деятельности, проявляющейся на результативном и регуляторном уровнях. Практическая значимость определяется возможностью использования СТ-40 для оценки общего уровня и отдельных компонентов вычислительного мышления обучающихся.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 58 обучающихся первого курса колледжа в возрасте от 15 до 19 лет ($M = 16,7$; $SD \approx 0,9$; модальный возраст – 16–17 лет). Таким образом, выборка охватывала период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности, являющийся предметом настоящего исследования.

Все участники обучались в ИТ-колледже «Сириус» – образовательной организации среднего профессионального образования, входящей в структуру Научно-технологического университета «Сириус». Выбор обучающихся первого курса позволил исследовать представителей одной возрастно-образовательной когорты на начальном этапе профессионального обучения.

В зависимости от направления подготовки участники были разделены на две группы. Первую составили 27 обучающихся программистских направлений подготовки, вторую – 31 обучающийся непрограммистских направлений. Группы практически не различались по возрасту: средний возраст обучающихся программистских направлений составлял 16,74 года ($SD = 0,76$), непрограммистских – 16,65 года ($SD = 0,80$); различия статистически незначимы, $t(55,5) = 0,47$; $p = 0,643$.

При этом группы различались по предшествующему опыту программирования. Среди обучающихся программистских направлений отсутствие такого опыта отметил 1 участник, незначительный опыт – 6, некоторый – 15 и значительный – 5 участников. Среди обучающихся непрограммистских направлений соответствующие значения составили 10, 16, 4 и 1 человек. Средний показатель предшествующего опыта составил 1,89 и 0,87 соответственно; различия между группами были статистически значимыми ($\chi^2(3) = 20,77$; $p < 0,001$).

Следовательно, принадлежность к направлению подготовки в настоящем исследовании связана с различиями в накопленном опыте программирования. В связи с поперечным характером исследования направление подготовки и предшествующий опыт программирования рассматриваются как характеристики образовательного опыта участников, а не как экспериментально заданные воздействия.

Все участники были проинформированы о добровольном характере исследования, возможности прекратить участие на любом этапе и отсутствии сбора персональных данных. За участие числились волонтерские часы в соответствии с внутренней системой колледжа.

Для исследования вычислительного мышления использовалась методика СТ-40, разработанная для оценки способов решения задач без необходимости владения конкретным языком программирования. Содержание заданий создавалось независимо от банка задач Bebras и существующих самоотчетных шкал вычислительного мышления.

Методика включает 40 заданий с четырьмя вариантами ответа и охватывает пять компонентов вычислительного мышления: декомпозицию – 6 заданий, распознавание закономерностей – 6, абстрагирование – 5, алгоритмическое мышление – 16 и оценивание – 7 заданий. Задания представлены на трех уровнях сложности – легком, среднем и трудном.

Методика предъявлялась в формате автономного браузерного теста. Порядок вариантов ответа рандомизировался. Для каждого задания фиксировались выбранный вариант ответа, его правильность в соответствии с заданным ключом и время ответа в миллисекундах.

Такой формат позволял оценивать не только общий уровень выполнения заданий на вычислительное мышление, но и показатели отдельных его компонентов. Выбор задачного метода был обусловлен необходимостью оценивать вычислительное мышление по объективной успешности решения, независимо от самооценки участниками собственных способностей и владения конкретным языком программирования.

После выполнения каждого задания участник дополнительно оценивал уверенность в собственном ответе, выбирая один из трех вариантов: «уверен», «не уверен» или «угадываю». Таким образом, для каждого решения одновременно фиксировались объективный показатель его правильности и субъективная оценка уверенности.

Для количественной оценки соответствия субъективной уверенности объективной результативности ответы «уверен», «не уверен» и «угадываю» кодировались значениями 1,00, 0,50 и 0,25 соответственно. На уровне каждого участника рассчитывался средний показатель субъективной уверенности, после чего определялось смещение оценки как разность между средней уверенностью и долей правильных ответов. Положительные значения показателя отражали переоценку собственной успешности, отрицательные – ее недооценку.

Сопоставление этих показателей использовалось для характеристики метакогнитивной регуляции решения задач. В рамках настоящего исследования особый интерес представляла калибровка уверенности – соответствие субъективной уверенности объективной правильности ответа. Такой подход позволял рассматривать вычислительное мышление не только с точки зрения успешности решения задач, но и с точки зрения способности обучающихся оценивать результат собственной интеллектуальной деятельности.

Для оценки психометрических характеристик СТ-40 рассчитывались коэффициенты внутренней согласованности α Кронбаха, KR-20 и ω Макдональда, а также надежность при расщеплении пополам с поправкой Спирмена – Брауна. Для отдельных компонентов вычислительного мышления рассчитывался коэффициент α Кронбаха. Дополнительно оценивались трудность и дискриминативность заданий.

Описательная статистика включала средние значения, стандартные отклонения, медианы, показатели асимметрии и эксцесса. Соответствие распределений нормальному оценивалось с помощью критерия Шапиро – Уилка, однородность дисперсий – критерия Левена.

Для сравнения обучающихся программистских и непрограммистских направлений использовались t-критерий Уэлча и U-критерий Манна – Уитни. При множественных сравнениях отдельных компонентов вычислительного мышления применялась поправка Холма. Величина межгрупповых различий оценивалась с использованием d Коэна и g Хеджеса с доверительными интервалами.

Связь времени выполнения с результативностью оценивалась с помощью корреляционного анализа. Для проверки сохранения межгрупповых различий в результативности при учете времени выполнения использовалась линейная регрессионная модель.

Для анализа метакогнитивной регуляции сопоставлялись показатели субъективной уверенности и объективной правильности решения. Межгрупповые различия средней субъективной уверенности и смещения ее оценки анализировались с помощью t-критерия Уэлча; величина эффекта оценивалась с использованием g Хеджеса.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе были оценены психометрические характеристики методики СТ-40. Общий показатель продемонстрировал высокую внутреннюю согласованность: α Кронбаха = 0,914,

KR-20 = 0,914, ω Макдональда = 0,92; коэффициент надежности при расщеплении пополам с поправкой Спирмена-Брауна составил 0,93. Внутренняя согласованность общего показателя сохранялась и при раздельном анализе групп (α = 0,83 у обучающихся программистских направлений и α = 0,90 у обучающихся непрограммистских направлений).

Надежность отдельных компонентов была неодинаковой и варьировала от 0,516 для распознавания закономерностей до 0,834 для алгоритмического мышления (табл. 1). В связи с этим показатели отдельных компонентов далее рассматриваются как профиль выполнения заданий, а не как независимо валидизированные субшкалы.

Таблица 1 – Показатели внутренней согласованности и характеристики заданий СТ-40

Шкала	Показатель	Значение
Весь тест, 40 заданий	α Кронбаха	0,914
Весь тест, 40 заданий	KR-20	0,914
Весь тест, 40 заданий	ω Макдональда	0,92
Весь тест, 40 заданий	Расщепление пополам, Спирмен-Браун	0,93
Алгоритмическое мышление, 16 заданий	α Кронбаха	0,834
Оценивание, 7 заданий	α Кронбаха	0,676
Декомпозиция, 6 заданий	α Кронбаха	0,643
Абстрагирование, 5 заданий	α Кронбаха	0,521
Распознавание закономерностей, 6 заданий	α Кронбаха	0,516
Все задания	Средняя корреляция «задание – тест»	0,44
Все задания	Диапазон трудности, p	0,47-0,95

Средняя дискриминативность заданий составила p = 0,44, диапазон трудности – от p = 0,47 до p = 0,95. Два задания характеризовались низкой дискриминативностью: задание на декомпозицию (p = 0,84; p = 0,13) и задание на распознавание закономерностей (p = 0,95; p = 0,08). Все 2320 ответов участников были дополнительно проверены по эталонному ключу; расхождений в оценивании обнаружено не было.

Обучающиеся программистских направлений продемонстрировали более высокие результаты СТ-40 по сравнению с обучающимися непрограммистских направлений. Средняя доля правильных ответов составила 82,9% (SD = 13,3) и 60,3% (SD = 21,5) соответственно. Средняя межгрупповая разность составила 22,5 процентного пункта (95% ДИ [13,2; 31,8]). Различия были статистически значимыми как по t -критерию Уэлча ($t(50,98)$ = 4,87; p < 0,001), так и по U -критерию Манна-Уитни (U = 674,0; p < 0,001). Размер эффекта был большим: d Коэна = 1,24; g Хеджеса = 1,23 (95% ДИ [0,66; 1,79]).

Таблица 2 – Описательные показатели выполнения СТ-40 в группах обучающихся

Показатель	Программистские направления (n = 27)	Непрограммистские направления (n = 31)
M (SD), %	82,9 (13,3)	60,3 (21,5)
Медиана [диапазон], %	85,0 [42,5–97,5]	57,5 [25,0–100,0]
Асимметрия / эксцесс	-1,16 / 1,63	0,29 / -0,62
W Шапиро-Уилка (p)	0,895 (0,010)	0,947 (0,128)
Результат $\geq 90\%$, n (%)	11 (40,7%)	4 (12,9%)

Распределение результатов было более компактным у обучающихся программистских направлений. В этой группе был выявлен один низкий результат, соответствующий критерию выброса (42,5%; $z = -3,0$). Он был сохранен во всех основных анализах. Различия дисперсий в полном массиве находились на границе статистической значимости ($p = 0,056$).

Статистически значимые различия между группами обнаружены по всем пяти компонентам СТ-40. Все сравнения сохраняли статистическую значимость после поправки Холма на множественные сравнения (табл. 3).

Наиболее выраженное различие наблюдалось по алгоритмическому мышлению: средняя результативность составила 80,8% у обучающихся программистских и 51,6% у обучающихся непрограммистских направлений; g Хеджеса = 1,41. Значительными были также различия по абстрагированию (86,7% против 65,8%; $g = 0,91$), распознаванию закономерностей (90,1% против 74,2%; $g = 0,83$) и оцениванию (83,6% против 64,0%; $g = 0,81$). Наименьшее различие выявлено по декомпозиции (77,2% против 60,8%; $g = 0,62$).

Таблица 3 – Показатели компонентов вычислительного мышления и выполнения заданий разной сложности

Показатель	Программистские направления М (SD), %	Непрограммистские направления М (SD), %	t (df)	p	p Холма	g Хеджеса [95% ДИ]
Декомпозиция	77,2 (22,2)	60,8 (29,4)	t(55,0) = 2,42	0,019	0,019	0,62 [0,09; 1,14]
Распознавание закономерностей	90,1 (13,3)	74,2 (22,7)	t(49,4) = 3,31	0,002	0,005	0,83 [0,29; 1,37]
Абстрагирование	86,7 (18,4)	65,8 (25,9)	t(53,9) = 3,57	<0,001	0,003	0,91 [0,36; 1,45]
Алгоритмическое мышление	80,8 (14,8)	51,6 (24,3)	t(50,5) = 5,60	<0,001	<0,001	1,41 [0,83; 1,99]
Оценивание	83,6 (20,1)	64,0 (26,8)	t(54,8) = 3,16	0,003	0,005	0,81 [0,27; 1,34]
Легкие задания	94,7 (9,0)	73,7 (23,9)	t(39,3) = 4,53	<0,001	-	1,12 [0,56; 1,67]
Задания средней трудности	84,0 (14,8)	62,1 (22,0)	t(52,8) = 4,48	<0,001	-	1,13 [0,58; 1,69]
Трудные задания	78,3 (18,1)	54,8 (26,9)	t(52,8) = 3,94	<0,001	-	1,00 [0,45; 1,55]

При увеличении сложности заданий результативность снижалась в обеих группах. У обучающихся программистских направлений средняя доля правильных ответов снизилась с 94,7% на легких заданиях до 78,3% на трудных, у обучающихся непрограммистских направлений – с 73,7 до 54,8%. При этом стандартизированный размер межгрупповых различий оставался относительно стабильным: $g = 1,12$, $1,13$ и $1,00$ соответственно. Таким образом, имеющиеся результаты не свидетельствуют об увеличении межгруппового разрыва по мере повышения сложности заданий.

Для проверки того, может ли различие в результативности быть связано с различиями в затраченном времени, были сопоставлены показатели общей продолжительности выполнения СТ-40 (табл. 4).

Среднее время выполнения было больше у обучающихся программистских направлений, однако различие не достигло принятого уровня статистической значимости ($p = 0,067$). При включении времени выполнения в регрессионную модель межгрупповое различие в точности

сохранялось: коэффициент группы составил 20,43 процентного пункта (95% ДИ [10,8; 30,1]; $p < 0,001$). Следовательно, различия во времени выполнения не объясняют обнаруженный межгрупповой разрыв в результативности.

Таблица 4 – Показатели времени выполнения СТ-40

Показатель	Программистские направления	Непрограммистские направления	Статистика
Среднее время, мин, М (SD)	39,7 (16,6)	31,3 (17,2)	$t(55,4) = 1,87$; $p = 0,067$
Медиана, мин	37,0	31,6	$U = 534,5$; $p = 0,072$
Средняя разность, мин [95% ДИ]	8,34 [-0,6; 17,3]		$g = 0,48$ [-0,04; 1,01]
Корреляция времени и точности, ρ Спирмена	0,13	0,30	объединенная $\rho = 0,32$; $p = 0,013$
Модель «балл ВМ ~ группа + время»	b группы = 20,43 п.п.	b времени = 0,254 п.п./мин	$R^2 = 0,325$; p группы $< 0,001$

Анализ субъективной уверенности показал, что в обеих группах объективная точность была связана с заявленной уверенностью: наиболее высокая доля правильных решений наблюдалась для ответов, которые участники оценивали как уверенные, и снижалась для категорий «не уверен» и «угадываю». Однако соответствие субъективной уверенности объективной правильности различалось между группами.

Таблица 5 – Правильность ответов в зависимости от субъективной уверенности

Заявленная уверенность	Программистские направления	Непрограммистские направления
Уверен	90,7% (n = 788)	69,5% (n = 755)
Не уверен	62,3% (n = 244)	52,1% (n = 309)
Угадываю	58,3% (n = 48)	35,2% (n = 176)

При ответе «уверен» обучающиеся программистских направлений давали правильный ответ в 90,7% случаев, тогда как в группе непрограммистских направлений – в 69,5% случаев. Различие сохранялось и при более низких уровнях субъективной уверенности. Кроме того, обучающиеся программистских направлений чаще выбирали категорию «уверен» (73% ответов против 61%) и реже категорию «угадываю» (4% против 14%).

Для дополнительной оценки соответствия субъективной уверенности объективной результативности показатели были агрегированы на уровне участников. При кодировании ответов «уверен» = 1,00, «не уверен» = 0,50 и «угадываю» = 0,25 рассчитывалось смещение переоценки уверенности как разность между средней заявленной уверенностью и фактической точностью.

Таблица 6 – Показатели субъективной уверенности и ее соответствия объективной результативности

Показатель	Программистские направления М (SD)	Непрограммистские направления М (SD)	t (df)	p	g Хеджеса [95% ДИ]
Средняя заявленная уверенность, %	85,4 (10,2)	76,9 (14,5)	$t(53,9) = 2,60$	0,012	0,66 [0,13; 1,19]
Смещение переоценки уверенности, п.п.	2,5 (12,3)	16,6 (23,7)	$t(46,2) = -2,89$	0,006	-0,72 [-1,25; -0,19]

Обучающиеся программистских направлений характеризовались более высокой средней субъективной уверенностью, однако одновременно их уверенность точнее соответствовала объективной успешности. Среднее смещение переоценки составляло 2,5 процентного пункта против 16,6 процентного пункта у обучающихся непрограммистских направлений; межгрупповое различие было статистически значимым ($p = 0,006$; $g = -0,72$).

Полученные результаты показывают, что в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности характеристики вычислительного мышления связаны с образовательным опытом обучающихся. Различия между обучающимися программистских и непрограммистских направлений проявились как в общей успешности решения задач, так и в отдельных компонентах вычислительного мышления и метакогнитивной оценке собственных решений. Это позволяет рассматривать вычислительное мышление не только как специализированный навык, связанный с программированием, но и как характеристику организации интеллектуальной деятельности, включающую результативные и регуляторные компоненты.

В возрастной психологии переход от старшего подросткового возраста к ранней юности рассматривается как период существенной перестройки познавательной деятельности и отношения субъекта к собственным интеллектуальным возможностям. Развитие абстрактного и понятийного мышления сопровождается возрастанием способности осознанно организовывать собственную деятельность, анализировать способы действия и контролировать получаемый результат (Божович, 2008; Выготский, 1982; Эльконин, 1989). Одновременно изменяется социальная ситуация развития: учебная деятельность все теснее связывается с профессиональным самоопределением и выбором дальнейшей образовательной траектории (Божович, 2008; Фельдштейн, 1999).

С этих позиций программирование может рассматриваться как один из специфических видов учебно-профессиональной деятельности, предъявляющий устойчивые требования к способам решения задач. Работа с программным кодом предполагает анализ исходного условия, разделение сложной задачи на составляющие, выделение существенных отношений, построение последовательности операций, проверку промежуточного и конечного результата и исправление обнаруженных ошибок. В деятельностной традиции систематическое освоение определенного класса действий рассматривается как одно из условий формирования соответствующих способов умственной деятельности (Гальперин, 1985; Давыдов, 1996). Вместе с тем применительно к настоящему исследованию программирование следует рассматривать именно как образовательный контекст, связанный с выявленными индивидуальными различиями, а не как доказанную причину их возникновения.

Наиболее выраженные различия были обнаружены в тех компонентах вычислительного мышления, которые связаны с построением последовательности действий и выделением существенных характеристик задачи. Подобный результат согласуется с представлением о вычислительном мышлении как комплексном способе решения проблем, включающем декомпозицию, абстрагирование, распознавание закономерностей и алгоритмизацию (Ezeamuzie & Leung, 2022; Shute et al., 2017; Wing, 2006). Современные данные также показывают связь обучения вычислительным и программистским способам решения задач с более широкими когнитивными характеристиками, прежде всего решением проблем и планированием (Montuori et al., 2024).

В возрастно-психологическом контексте особенно важна роль абстрагирования и алгоритмической организации действий. Становление способности оперировать отношениями, выходящими за пределы непосредственно воспринимаемой ситуации, традиционно связывается с развитием понятийного и абстрактного мышления в подростковом возрасте (Выготский, 1982; Piaget, 1972). При этом культурно-исторический и деятельностный подходы позволяют рассматривать развитие подобных интеллектуальных действий не только как результат возрастного созревания, но во взаимосвязи с содержанием обучения и осваиваемой деятельностью (Выготский, 1982; Гальперин, 1985; Давыдов, 1996). Выявленный профиль вычислительного

мышления согласуется с таким пониманием: внутри одной возрастной когорты особенности решения задач различаются в зависимости от образовательного опыта участников.

Важным результатом исследования стало обнаружение различий не только в объективной успешности, но и в субъективной оценке собственных решений. Метакогнитивный мониторинг предполагает способность человека оценивать состояние собственной познавательной деятельности и использовать эту информацию для последующей регуляции поведения (Flavell, 1979; Nelson, 1990). В образовательном контексте метакогнитивный мониторинг и контроль участвуют в оценке и регуляции собственной познавательной деятельности (Fleur et al., 2021).

Значение данного результата усиливается с учетом возрастных особенностей исследуемой группы. Метакогнитивные способности продолжают развиваться на протяжении подросткового возраста; в частности, совершенствуется способность соотносить субъективную уверенность с объективной успешностью выполнения задачи (Weil et al., 2013). Одновременно возрастает роль рефлексии и осознанного отношения к собственным способам действия (Выготский, 1982; Божович, 2008). Поэтому обнаруженные различия в соответствии субъективной уверенности объективной успешности позволяют дополнить результирующую характеристику вычислительного мышления его метакогнитивным компонентом.

Более точное соответствие уверенности фактической успешности у обучающихся программистских направлений теоретически может быть связано со спецификой деятельности программирования. Выполнение программы постоянно предоставляет субъекту обратную связь о соответствии предполагаемого и фактического результата. Поиск ошибки, тестирование отдельных элементов решения и повторная проверка требуют соотнесения собственного представления о правильности действия с внешним результатом. Подобные циклы мониторинга и коррекции соответствуют общим механизмам метакогнитивной регуляции (Fleur et al., 2021; Nelson, 1990). Однако поперечный характер настоящего исследования не позволяет установить, является ли более точная метакогнитивная оценка следствием подобного опыта или одной из характеристик обучающихся, выбирающих программирование.

Полученные результаты также показывают, что различия между группами не сводятся к скорости или продолжительности выполнения заданий. Это позволяет интерпретировать их, прежде всего, как различия в успешности и регуляции решения, а не как следствие различного темпа деятельности. В совокупности результирующие и метакогнитивные показатели формируют более полное представление о вычислительном мышлении как о сложной когнитивной компетентности, проявляющейся не только в нахождении правильного решения, но и в способности субъекта оценивать его надежность.

В более широком контексте результаты согласуются с представлением о когнитивном развитии как процессе, опосредованном содержанием деятельности и образовательной средой. В культурно-историческом подходе обучение рассматривается как существенное условие развития высших психических функций (Выготский, 1982), а в теории поэтапного формирования умственных действий подчеркивается зависимость структуры действия от условий его формирования и последующей интериоризации (Гальперин, 1985). Применительно к современной цифровой образовательной среде это позволяет рассматривать освоение программирования как один из возможных контекстов, в котором востребуются и реализуются сложные способы анализа, планирования и контроля решения задач (Lee et al., 2022; Montuori et al., 2024; Sun et al., 2021).

При этом результаты исследования не следует интерпретировать как свидетельство возрастной динамики вычислительного мышления. Все участники относятся к одной относительно компактной возрастно-образовательной когорте, а исследование не предполагало сопоставления последовательных возрастных групп. Период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности в настоящей работе выступает возрастно-психологическим контекстом, в котором изучаются индивидуальные различия в вычислительном мышлении и метакогнитивной регуляции. Аналогично выявленная связь с программированием не позволяет установить

причинное влияние образовательного опыта, поскольку различия могут отражать как особенности обучения, так и предшествующие характеристики участников и процессы образовательного самоотбора.

Таким образом, результаты позволяют рассматривать вычислительное мышление в период перехода от старшего подросткового возраста к ранней юности как комплексную характеристику решения задач, проявляющуюся на результативном и метакогнитивном уровнях. Образовательный опыт, связанный с программированием, сопряжен с особенностями обоих уровней, однако характер и направление этой связи требуют дальнейшего изучения в исследованиях, позволяющих проследить развитие соответствующих характеристик во времени.

Выводы и заключение

Полученные результаты позволяют рассматривать вычислительное мышление как комплексную характеристику интеллектуальной деятельности, проявляющуюся не только в результативности решения задач, но и в способности субъекта оценивать собственное решение. Поставленная цель исследования достигнута, а выдвинутая гипотеза получила подтверждение: обучающиеся программистских и непрограммистских направлений различались по результативности вычислительного мышления и метакогнитивной оценке собственных решений. Полученные данные могут использоваться при изучении когнитивного развития обучающихся и оценке вычислительного мышления в образовательной практике. Ограничениями исследования являются небольшой объем выборки, ее принадлежность к одной образовательной организации и поперечный дизайн, не позволяющий устанавливать причинное влияние программирования или проследить возрастную динамику. Перспективой дальнейших исследований является изучение результативных и метакогнитивных характеристик вычислительного мышления на более широких выборках и в лонгитюдном дизайне.

Библиография

- Божович, Л. И. (2008). *Личность и ее формирование в детском возрасте*. Питер.
- Выготский, Л. С. (1982). *Собрание сочинений: В 6 т. Т. 2. Проблемы общей психологии* (В.В. Давыдов, ред.). Педагогика.
- Гальперин, П. Я. (1985). *Методы обучения и умственное развитие ребенка*. Издательство Московского университета.
- Давыдов, В. В. (1996). *Теория развивающего обучения*. ИНТОР.
- Фельдштейн, Д. И. (1999). *Психология взросления: Структурно-содержательные характеристики процесса развития личности: Избранные труды*. Флинта; Московский психолого-социальный институт.
- Эльконин, Д. Б. (1989). *Избранные психологические труды* (В. В. Давыдов & В. П. Зинченко, ред.). Педагогика.
- Babazadeh, M., & Negrini, L. (2022). How is computational thinking assessed in European K-12 education? A systematic review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 5(4), 3–19. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v5i4.138>
- Chen, P., Yang, D., Metwally, A. H. S., Lavonen, J., & Wang, X. (2023). Fostering computational thinking through unplugged activities: A systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 47. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00434-7>
- Ezeamuzie, N. O., & Leung, J. S. C. (2022). Computational thinking through an empirical lens: A systematic review of literature. *Journal of Educational Computing Research*, 60(2), 481–511. <https://doi.org/10.1177/07356331211033158>

- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fleur, D. S., Bredeweg, B., & van den Bos, W. (2021). Metacognition: Ideas and insights from neuro- and educational sciences. *npj Science of Learning*, 6, Article 13. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00089-5>
- Lee, S. J., Francom, G. M., & Nuatomue, J. (2022). Computer science education and K-12 students' computational thinking: A systematic review. *International Journal of Educational Research*, 114, Article 102008. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102008>
- Montuori, C., Gambarota, F., Altoè, G., & Arfé, B. (2024). The cognitive effects of computational thinking: A systematic review and meta-analytic study. *Computers & Education*, 210, Article 104961. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104961>
- Nelson, T. O. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. *Psychology of Learning and Motivation*, 26, 125–173. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60053-5](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60053-5)
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 1–12.
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Sun, L., Hu, L., & Zhou, D. (2021). Which way of design programming activities is more effective to promote K-12 students' computational thinking skills? A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 1048–1062. <https://doi.org/10.1111/jcal.12545>
- Weil, L. G., Fleming, S. M., Dumontheil, I., Kilford, E. J., Weil, R. S., Rees, G., Dolan, R. J., & Blakemore, S.-J. (2013). The development of metacognitive ability in adolescence. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.01.004>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Поступила в редакцию: 02.10.26

Принята к публикации: 20.10.26