ОБЗОРЫ

Метакогнитивные стратегии в обучении и профессиональной деятельности программистов. Теоретический обзор

Буркина А.В.[1]

[1] Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва, Россия

В статье представлен теоретический обзор исследований метакогнитивных стратегий программистов, в рамках которого проведён анализ классических и современных моделей саморегулируемого обучения. В первой части рассмотрены концепции Дж. Флейвелла, выделившего впервые в литературе планирование, мониторинг и рефлексию как стратегии высшего порядка, а также классификации А. Брауна, Л. Бэйкера, М. Прессли, К. МакКормик и других. Проанализированы фазовые и компонентные модели Б. Циммермана, П. Пинтриха и А. Эфклидес с учётом их преимуществ и методологических ограничений. Во второй части обзора на основе зарубежных и российских исследований описаны педагогические приёмы формирования метакогнитивных стратегий в обучении программированию, их классификации и влияние на эффективность решения задач. В заключении предложено рабочее определение метакогнитивных стратегий в области обучения программированию и намечены направления дальнейших исследований в данной области.

Ключевые слова: метакогнитивные стратегии, саморегуляция, планирование, мониторинг, рефлексия, моделирование, обучение программированию, педагогические приёмы, эмоциональная регуляция, метапознание

Введение

Метакогнивный процесс как научный термин впервые определён Дж. Флейвеллом в 1970-х гг. Он ввёл понятие метакогнитивного процесса как знания о собственном мышлении и способах регуляции познавательной деятельности. Ближе к концу десятилетия, в статье 1979 г., Дж. Флейвелл дал развёрнутую характеристику феномена, выделив четыре класса метакогниций. Первый из них это метакогнитивное знание, которое само имеет три группы переменных: знание о себе как познающем субъекте (сильные и слабые стороны, индивидуальные особенности), знание о задаче (её характер, уровень сложности, условия выполнения) и знание о стратегиях (способы решения и условия их применения). Второй класс выступает как метакогнитивный опыт – осознаваемые субъективные состояния и впечатления, возникающие в ходе выполнения задачи, например, чувство уверенности или сомнения. Третьим классом Дж. Флейвелл называет цели и задачи, которые субъект ставит перед собой в познавательной деятельности. Наконец, четвёртый класс составляют действия и стратегии регуляции, то есть конкретные приёмы планирования, мониторинга и оценки, направленные на контроль и коррекцию познавательных процессов [Flavell, 1979]. С тех пор исследование метакогниций стало существенным направлением в когнитивной психологии и психологии развития. Наибольшее внимание, как правило, уделяется вопросам осознанного контроля над процессами восприятия, памяти, внимания, понимания и решения задач. Исследования метакогнитивных процессов приобрели особое практическое значение в связи с обучением и подготовкой к профессиональной деятельности.

Программирование не является исключением. Оно представляет собой, с одной стороны, сложную алгоритмизированную, а с другой – творческую познавательную деятельность, подразумевающую постановку целей, принятие решений, решение нестандартных задач и коррекцию ошибок. Очевидным образом данные процессы предполагают наличие у субъекта не только когнитивных способностей, но и возможностей регуляции собственной познавательной активности, то есть метакогниций. В последние годы наблюдается рост интереса к исследованию метакогнитивных процессов у программистов, особенно в сфере их обучения, повышения эффективности решения задач и разработки цифровых инструментов. Однако отсутствует общепринятое определение метакогнитивных стратегий применительно к деятельности программиста. Отчасти это является следствием отсутствия общего определения самих метакогнитивных процессов. Проблема терминологической неопределённости понятия метакогнитивной стратегии остаётся значимой и требует теоретического анализа, если мы хотим обеспечить его применимость в области прикладных исследований.

В исследовательской литературе не так много внимания уделяется метакогнитивным стратегиям в обучении программистов, в отличие от, например, того же метапознания как такового. На наш взгляд, это не вполне справедливо, поскольку такого рода психологические исследования имеют существенное практическое значение. Во многом поэтому структура данного исследования предполагает, что в первой части будет представлен обзор работ, посвящённых метакогнитивным стратегиям в обучении, не связанном с программированием. Для этой задачи были использованы работы следующих авторов: Дж. Флейвелл, А. Браун, А. Палинскар, Л. Бэйкер, М. Прессли, К. МакКормик, Б. Циммерман, П. Пинтрич, Т.Г. Фомина, М. Венман, Б. Ван Хаут-Волтерс, П. Аффлербах, А. Эфклидес и И.И. Ильясов. А затем мы покажем, что аналогичные результаты, но в других условиях и со своей спецификой, могут быть получены и в программировании. На основе проведенного обзора мы постараемся сформулировать рабочее определение метакогнитивных стратегий применительно к этой области.

В настоящей статье мы придерживаемся следующего операционального разграничения. Стратегия считается метакогнитивной тогда и только тогда, когда её цель – мониторинг, оценка или регуляция собственных когнитивных процессов. Если же ближайшая цель – извлечение или преобразование предметного содержания (понимание текста, решение задачи), то речь идёт о когнитивной стратегии.

Метакогнитивные стратегии как часть метапознания в процессе обучения

Термин «стратегии» мы находим уже в работах Дж. Флейвелла. Он впервые провёл чёткое разграничение между «первичными» когнитивными стратегиями, непосредственно вовлечёнными в обработку информации, и «вторичными» стратегиями более высокого порядка, задачей которых является управление и контроль за первыми

[Flavell, 1976]. Под стратегиями высшего порядка он понимал процессы планирования и мониторинга собственной познавательной деятельности, в частности, выбор цели, распределение ресурсов и оценку успешности применённых методов. Уже в этой работе Дж. Флейвелл писал, что эффективность решения сложных задач во многом определяется не столько спецификой используемых приёмов, сколько умением человека осознанно регулировать ход мышления и корректировать его в соответствии с возникающими трудностями. В последующей работе Дж. Флейвелл уточнил компоненты метакогнитивного знания, выделив знание о собственных познавательных возможностях, знание о характере поставленной задачи и знание о стратегиях, доступных для её решения [Flavell, 1979]. Метакогнитивные стратегии представляютферу действий, то есть совокупность процедур контроля и мониторинга, активизируемых тогда, когда возникает необходимость проверить адекватность хода мыслительного процесса, изменить способ работы или распределить ресурсы. К числу таких стратегий Дж. Флейвелл относил планирование подхода к задаче, распределение времени и усилий, отслеживание собственного понимания, своевременное выявление ошибок, перепроверку полученного результата, а также переключение между различными приёмами в зависимости от ситуации. При этом активационным механизмом стратегий служат метакогнитивные переживания (опыт) – субъективные ощущения затруднения, неопределённости или, напротив, уверенности, возникающие в процессе мышления [Ibid., 1979]. Они сигнализируют о необходимости активировать стратегию контроля, которая, в свою очередь, может привести к изменению планов, пересмотру целей или выбору другого когнитивного приёма.

А. Браун и А. Палинскар классифицировали стратегии обработки информации на «слепые», «информированные» и «саморегулируемые», отметив, что лишь последние две имеют в себе компоненты осознанного контроля и оценки хода выполнения задания [Brown, Palincsar, 1982]. В «слепом» обучении учащимся просто предписывается использовать определённые приёмы, без объяснения их функции и условий применения, вследствие чего такие приёмы плохо удерживаются в памяти и не переносятся на новые задачи. В отличие от этого, информированное обучение сочетает демонстрацию способа действий с разъяснением его значимости, что способствует лучшему пониманию целей стратегии и её преимуществ. Саморегулируемое обучение дополняет предыдущие инструкцией по планированию, мониторингу и оценке собственных действий, имитируя тем самым деятельность «эксперта», способного самостоятельно выбирать и корректировать стратегии в зависимости от контекста задачи. Представленная классификация касалась прежде всего работы с текстами. Л. Бэйкер и А. Браун в 1984 г. расширили область её применения до читательской деятельности. Метакогнитивные стратегии – это осознанные действия по контролю понимания. Умение фиксировать сбои в восприятии смысла и применять «корректирующие» приёмы (fix-up strategies) – переформулирование, уточнение значений и повторное чтение – отличает метакогнитивную активность от чисто когнитивных операций [Baker, Brown, 1984]. По мнению авторов, формирование контролируемого процесса чтения (понимание того, когда и почему требуется вмешательство в ход мышления) является необходимым условием эффективной саморегуляции и обеспечивает перенос стратегий на различные виды деятельности. В терминах же нашего исследования перечитывание и переформулирование являются когнитивными, если их цель заключается в прояснении содержания, и метакогнитивными, если они инициируются и используются для проверки собственного понимания и коррекции курса действий (от мониторинга к регуляции).

Аналогичным образом М. Прессли и К. МакКормик выделяют две центральные метакогнитивные стратегии. Планирование и мониторинг – главные механизмы саморегуляции учебной деятельности. Стоит заметить, что планирование может носить как когнитивный характер (план структуры ответа, подбор аргументов), так и метакогнитивный (планирование процедур самоконтроля, решение о том, где и как проверять соответствие хода работы целям, когда запускать перепроверку). Далее в нашем анализе мы относим к метакогнитивным только те случаи планирования, в которых ближайшая цель – организация мониторинга и оценки.

Планирование понимается авторами как этап, предшествующий непосредственному решению задачи. Оно подразумевает формулирование целей, выбор подходящих приёмов и распределение времени и внимания. Это означает прогнозирование содержания текста перед чтением, разработку структуры ответа перед написанием эссе или определение порядка операций при решении математической задачи. По мнению авторов, именно от качества планирования зависит эффективность дальнейших действий, поскольку оно задаёт алгоритм и критерии оценки успешности выполнения

задания [Pressley, McCormick, 1995]. Мониторинг определяется как процесс непрерывной проверки соответствия хода выполнения задачи первоначальным планам и текущему пониманию. В процессе чтения стратегический мониторинг проявляется в самоконтроле понимания. Учащийся регулярно оценивает степень усвоения информации, возвращается к трудным абзацам и применяет приёмы исправления информации (переформулирование, уточнение вопросов). В письменных задачах мониторинг выражается в соотнесении промежуточных черновиков с целями из плана и в раннем выявлении логических или стилистических ошибок.

Стоит также отметить попытки построения модели в рамках метапознания обучающегося с включением метакогнитивных стратегий. В своей модели саморегулируемого обучения Б. Циммерман выделяет три взаимосвязанные фазы, обеспечивающие эффективное управление учебной деятельностью. Внутри фаз или же компонентов модели сосуществуют когнитивные и метакогнитивные действия. Последние мы маркируем там, где целеполагание, мониторинг, контроль и оценка служат регуляции процесса, а не получению содержания. Например, «самонаблюдение» в фазе исполнения – метакогнитивно, тогда как «выбор операторов или же структур данных» – когнитивен.

Первая фаза – предвосхищение (forethought). Она подразумевает целеполагание и стратегическое планирование. Субъект формулирует долгосрочные и краткосрочные учебные цели, оценивает требования задачи и подбирает наиболее адекватные познавательные и ресурсные стратегии для их достижения. Во второй фазе, которую автор называет исполнением (performance), существенным элементом выступает самонаблюдение (self-control). Учащийся непрерывно отслеживает ход выполнения задания, корректирует своё внимание, применяет избранные стратегии и фиксирует возникшие затруднения. Третья фаза – саморефлексия (self-reflection) – предполагает ретроспективный анализ достигнутых результатов. Осуществляя субъективную оценку эффективности выбранных методов, выявляя причины успехов и неудач, субъект регулирует свою мотивацию и перерабатывает стратегии для последующих циклов обучения [Zimmerman, 1986].

П. Пинтрич расширяет идею Циммермана, выделяя уже четыре компонента саморегуляции, каждый из которых функционирует на протяжении всего учебного процесса. Компонент целеполагания (planning) охватывает установку учебных задач и разработку планов их решения; компонент мониторинга (monitoring) отвечает за постоянное отслеживание собственных мыслей, уровней понимания и прогресса в работе; компонент контроля (control) включает выбор и адаптацию стратегий, регуляцию усилий и управление ресурсами в ответ на промежуточные оценки; компонент оценки (reaction and reflection) предполагает анализ итогов выполнения, переосмысление методов и формирование новых целей. Как отмечает автор, между этими процессами не утверждается какая-либо иерархия: мониторинг, контроль и оценка вполне могут осуществляться почти одновременно [Pintrich, 2000].

Модели саморегулируемого обучения, разработанные Б. Циммерманом и П. Питричем, получили действительно широкое признание в зарубежной психологии благодаря своей аналитичности и прикладному характеру. Однако, как отмечает Т.Г. Фомина, их применение в образовательной практике и научных исследованиях сопряжено с рядом методологических ограничений [Фомина, 2022]. В первую очередь, фазовая модель саморегуляции Б. Циммермана, предполагающая линейную последовательность планирования, исполнения и рефлексии, слабо отражает реальную динамику учебной деятельности. В образовательной ситуации регуляторные процессы могут быть нелинейными, с возвратами к предыдущим этапам и переключениями, не вписывающимися в заранее заданный алгоритм. Это немного снижает применимость модели на практике, особенно в специфических ситуациях неопределённости или эмоциональной нагрузки. Схема, предложенная П. Пинтричем, более детализирована в своих компонентах (целеполагание, мониторинг, контроль, оценка), но также демонстрирует ограниченную чувствительность к мотивационно-личностным и ситуативным условиям обучения. В модели слабо представлена связь между мотивационными установками обучающегося и характером применяемых регуляторных стратегий, что затрудняет её использование в случаях, когда выбор стратегий определяется не только требованиями задачи, но и внутренними значениями, смыслами и целями субъекта. Кроме того, стоит заметить, что обе модели преимущественно сконцентрированы на когнитивных аспектах регуляции и практически не учитывают эмоциональные компоненты, несмотря на то что именно эмоции во многом определяют эффективность саморегулируемого поведения. Т.Г. Фомина замечает также, что обе модели строятся как универсальные и относительно нейтральные к культурному и социальному контексту [Там

же, 2022]. Однако представление обучающимся учебной задачи и способы её выполнения зависят не только от объективных характеристик, но и от индивидуального опыта, среды, стиля взаимодействия с педагогом.

В исследовании М. Венман, Б. Ван Хаут-Волтерс и П. Аффлербах представлена детализированная классификация метакогнитивных стратегий, направленная на устранение концептуальной неопределённости, которая была упомянута нами выше. Авторы пишут, что различия между когнитивными и метакогнитивными стратегиями нередко остаются неочевидными в эмпирических исследованиях, что приводит к методологическим трудностям [Veenman et al., 2006]. В тексте можно найти три критерия, позволяющие отнести стратегию к метакогнитивной: целенаправленное использование, направленность на регуляцию познания и осознанность. Основным становится не просто факт применения определённого приёма, а понимание его функции, момента применения и последствий. Что же касается классификации, у авторов стратегии подразделяются на стратегии планирования (определение целей, выбор подхода), мониторинга (отслеживание прогресса, фиксация непонимания) и оценивания (анализ качества выполнения, выводы о корректности результата). Такая структура соотносится с моделью саморегуляции Б. Циммермана, однако всё же делает акцент на когнитивной активности субъекта как регулятора.

Дополнением к этому подходу служит модель MASRL (Metacognitive and Affective Self-Regulated Learning), предложенная А. Эфклидес, в которой метакогниции рассматриваются во взаимодействии с аффективными и мотивационными процессами. Модель имеет два уровня регуляции: метакогнитивный контроль на микроуровне (в контексте конкретной задачи) и более обобщённые установки на макроуровне (например, самоэффективность, мотивационная ориентация). А. Эфклидес утверждает, что успешное применение метакогнитивных стратегий невозможно без учёта эмоционального опыта и субъективных оценок затруднений, интереса, уверенности в себе [Efklides, 2011]. В MASRL метакогнитивные действия по-прежнему определяются через цель. Аффект выступает своеобразным триггером включения мониторинга и контроля.

В советской и российской психологии серьёзный вклад в разработку проблематики стратегий обучения принадлежит И.И. Ильясову. В ряде своих работ он предложил концепцию «структуры процесса учения» и выделил систему эвристических приёмов, обеспечивающих успешное решение учебных задач [Ильясов, 1992]. Данные приёмы, по мысли автора, выполняют регулятивную функцию: они не сводятся к непосредственным когнитивным операциям и направлены на организацию поиска решения, выбор адекватного подхода и коррекцию ошибок. В этом отношении эвристические приёмы Ильясова имеют функциональную близость к современным моделям метакогнитивных стратегий, поскольку также включают элементы планирования, контроля и мониторинга хода познавательной деятельности. Тем не менее между этими понятиями существует принципиальное различие, которое, в том числе, соответствует операционному разграничению, проведенному нами ранее. Эвристические приёмы относятся преимущественно к содержательным способам поиска решения задачи: разбиение на подзадачи, использование аналогий, постановка дополнительных вопросов, введение средств проверки. Их назначение состоит в расширении спектра возможных когнитивных действий и повышении продуктивности мышления. Метакогнитивные стратегии же представляют собой действия более высокого уровня, направленные не на генерацию конкретных способов решения, а на регуляцию и контроль самого процесса их применения.

Метакогнитивные стратегии программистов в процессе получения образования

А.В. Карпов вместе с коллегами вполне справедливо говорит о ситуации фрагментарности в отношении исследования метакогнитивной детерминации профессиональной деятельности в связи с информационными профессиями вроде программирования [Карпов и др., 2023]. Как в англоязычной, так и в русскоязычной литературе, исследования единичны. В особенности это касается метакогнитивных стратегий применительно к области программирования.

Метакогнитивные навыки программистов (к которым можно отнести условно и метакогнитивные стратегии) в процессе получения образования, как отмечает А.Ю. Беляков, имеют три интегральных компонента: регуляцию, мониторинг и рефлексию [Беляков, 2025]. Регуляция проявляется в управлении вниманием и выработке схем внимания, позволяющих удерживать фокус на основных элементах кода при анализе алгоритмов. В

рамках аудиторных занятий преподаватель может формировать у студентов умение планировать последовательность шагов работы с программным текстом и распределять когнитивные ресурсы в зависимости от сложности задач. Что касается мониторинга, то он заключается в систематической проверке промежуточных результатов. Студенты учатся отслеживать состояние своих интеллектуальных ресурсов, сравнивать фактическое выполнение кода треугольник Паскаля программы с ожидаемым и выявлять отклонения[1]. Для этого важны приёмы работы с декларативной и процедурной памятью, а также применение ментальных репрезентаций, свёрнутых моделей алгоритмов, что облегчает предсказание поведения программы при изменении входных данных. Рефлексия предполагает критический анализ выполненных проектов и адекватную самооценку. Обучающиеся оценивают собственные знания и навыки, определяют сильные и слабые стороны, корректируют дальнейший образовательный маршрут и планы освоения новых технологий.

Стоит заметить, что метакогнитивные навыки являются более широким понятием по отношению к метакогнитивным стратегиям. По М. Венману, отличительной чертой метакогнитивных стратегий является их целенаправленность и осознанность, навыки же могут быть в том числе автоматизированными [Veenman et al., 2006]. Тем не менее, формирование метакогнитивных стратегий у программистов в вузе опирается на поэтапное применение педагогических приёмов. Сначала нацеливание внимания и планирование, затем – мониторинг промежуточных результатов и, наконец, рефлексия над проделанной работой.

Можно провести параллель с исследованиями А.Е. Фомина, который изучал механизмы метакогнитивного мониторинга у студентов профессиональных образовательных организаций в процессе решения учебных заданий по английскому языку. Подобно тому, как программисты оценивают правильность кода и корректируют свои действия, обучающиеся английскому языку оценивают правильность собственных решений и уровень уверенности в них. Автор показал, что качество суждений обучающихся о правильности собственных решений и уровне уверенности в них выступает предиктором академической успешности [Фомин, 2017]. Мониторинг при этом трактуется им как средство регуляции, поскольку студенты используют полученные оценки для корректировки своих действий и уточнения стратегии решения. Это позволяет рассматривать метакогнитивный мониторинг как частную форму реализации метакогнитивных стратегий, подразумевающих контроль и оценку.

Дж. Прэтер и коллеги утверждают, что метакогнитивные стратегии программистов опираются на развёрнутую структуру саморегуляции, в которой основными элементами выступают формирование «ментального каркаса» задачи, активное отслеживание места в процессе решения и критическая переоценка собственных действий [Prather et al., 2018]. Первым шагом является переинтерпретация условий задачи. Новички сознательно выстраивают внутреннюю модель, соотнося требования задания с уже знакомыми им аналогиями и шаблонами решения. На этом этапе важно не спешить с кодом, а выделить основные компоненты проблемы и установить ориентиры для дальнейшей работы. Далее используется приём поиска аналогий и потенциальных решений. Обучающийся соотносит текущее задание с ранее решёнными задачами, что позволяет оперативно находить подходящие конструкции (циклы, условные операторы, структуры данных) и предвосхищать возможные сложности. При этом эффективный программист оставляет в коде комментарии – «каркас» будущей реализации, что делает возможным планирование и пошаговое выполнение алгоритма. На этапе реализации и контроля подготовки решения студенты взаимодействуют с обратной связью автоматизированных систем, одновременно рефлексируя над её содержанием. В данном случае поиск аналогий и подбор шаблонов – когнитивные процессы. Составление каркаса комментариев и интерпретация сообщений компилятора как сигнала о собственном состоянии в задаче – метакогнитивные процессы, поскольку идут от мониторинга к корректировке.

Те, кто успешно усваивает метакогнитивные стратегии, умеют не только интерпретировать сообщения об ошибках компилятора кода, но и извлекать из них информацию о том, на каком этапе решения они находятся и какие знания следует использовать или восстановить в памяти. Осознанный обмен информацией с инструментом позволяет избежать механического исправления синтаксиса и сконцентрироваться на корректировке решения. Наконец, критическая рефлексия после получения тестового результата или итогового вывода программы помогает закрепить приобретённый опыт и скорректировать стратегию обучения. Программисты с развитыми метакогнитивными стратегиями понимают, какие шаги привели к успеху, а где стоило бы применить иные приёмы, напри-

мер, написать собственный код (а не копировать его из интернета или у нейросети) или привлечь визуализацию исполнения кода. Цикл «план–действие–проверка–рефлексия» постепенно формирует способность к автономному самообучению и повышает устойчивость к трудностям профессиональной практики.

Метакогнитивные стратегии по модели Г. Шроу и Д. Мошман (Schraw G. & Moshman D.), использованной Ю. Чакыроглу и Б. Эр, представляют собой систему знаний и регулятивных приёмов, направленных на осознанное управление познавательной деятельностью в процессе решения программных задач [Çakıroğlu et al., 2020]. В частности, метакогнитивное знание включает три взаимосвязанных компонента: во-первых, декларативное знание, которое проявляется в умении студента чётко формулировать, какие концептуальные и методологические ресурсы ему доступны (например, понимание, что для решения задачи «треугольник Паскаля»[2] необходимы вложенные циклы[3] и манипуляция со строками[4]); во-вторых, процедурное знание, заключающееся в освоении и последовательном применении алгоритмических шагов (построение плана решения, разбивка задачи на подпроцедуры, отладка промежуточных модулей); и, в-третьих, условное знание, характеризующее способность выбирать и адаптировать стратегии в зависимости от специфики задания и собственных сильных сторон (например, когда студент понимает, что при возникновении синтаксических ошибок ему эффективнее всего обратиться к функциям логирования[5] вместо попыток написать всё «с нуля»).

Регуляция познания объединяет три вида стратегий, которые целенаправленно используются на различных этапах выполнения программного проекта. Планирование предполагает предварительный анализ задачи, установление конкретных целей и выбор инструментов (к примеру, составление блок-схемы или выбор среды разработки, удобной для отладки). Здесь стоит заметить, что составление блок-схемы – когнитивный процесс, если это разработка решения, и метакогнитивный процесс, если блок-схема используется как инструмент мониторинга прогресса (разработка критериев, места обязательной перепроверки). Мы далее учитываем только второй случай при классификации планирования как метакогнитивного. Мониторинг подразумевает постоянную проверку правильности промежуточных результатов. Студент сопоставляет текущий код с ожидаемым поведением программы, выявляет несоответствия и оперативно корректирует подход (как это фиксировалось в наблюдательной форме, где велось систематическое протоколирование этапов написания и тестирования кода). Оценка реализуется после завершения работы над задачей и состоит в критическом анализе проделанного. Сравнение фактических результатов с целевыми, выявление «узких мест» алгоритма и формулировка выводов для последующих заданий (что отражено в итоговых интервью исследования, в которых студенты описывали, какие стратегии оказались наиболее продуктивными, а какие требовали доработки) [Ibid., 2020]. Представленная авторами классификация подкреплена результатами анализа рабочих листов, заполнявшихся студентами в течение проекта, и наблюдательной формы, что обеспечивает определённую надёжность диагностики метакогнитивных навыков у студентов-программистов.

К схожим результатам пришли в своем исследовании С. Рум и М. Золкелпи. Ими была выявлена прямая связь между уровнем метакогнитивной осведомлённости студентов и их академическими результатами в области программирования. Используя инструмент метакогнитивной осведомлённости (MAI)[6], авторы измеряли два основных аспекта метакогнитивных навыков: метакогнитивные знания и регуляцию метакогнитивных процессов. Результаты показали, что студенты с высоким уровнем метакогнитивной осведомлённости, особенно в области планирования и мониторинга своих действий, достигали более высоких результатов в решении программных задач [Rum, Zolkepli, 2018]. При этом наблюдалась сильная положительная корреляция между GPA[7] студентов и их показателями в MAI. В групповых треннингах обсуждение альтернативных решений – когнитивный процесс, а совместное согласование критериев и перепроверки – метакогнитивный. При отчётности по MAI мы выделяем именно второй тип.

На основе данных, собранных через опросы и интервью с преподавателями, исследователи также выделили несколько метакогнитивных стратегий, применяемых в процессе обучения программированию. Они аналогичны тем, что мы видели у Ю. Чакыроглу и Б. Эр. Коллективное обучение, практикуемое в вузах, подразумевает следующие метакогнитивные стратегии: планирование, мониторинг и оценку. В групповых заданиях студенты сначала совместно разрабатывают план выполнения задачи, затем оценивают свой прогресс и корректируют действия на основе обсуждения с коллегами. Например, в процессе коллективной работы студенты составляли графики выполнения

задач и обсуждения результатов, что, по мнению авторов, способствовало улучшению саморегуляции в обучении программированию. Кроме того, в ходе интервью с преподавателями было выявлено, что проблемно-ориентированное обучение, использующее рефлексию и обсуждение, активно способствует развитию метакогнитивных навыков у студентов [Ibid., 2018]. Преподаватели отмечали важность совместного обсуждения решений с учащимися. Так, в одном из классов преподаватель использовал методику, в соответствии с которой студентам предлагалось не только представить решение проблемы, но и обсудить возможные альтернативы, а затем оценить эффективность каждого из решений в контексте текущей задачи.

Заключение

Таким образом, мы рассмотрели некоторые теоретические аспекты метакогнитивных стратегий в обучении и, в частности, в отношении профессиональной деятельности начинающих программистов. В ходе изучения научных работ выявлено, что метакогнитивные стратегии имеют серьёзное значение в решении задач программирования. Они являются частью метакогнитивных навыков и саморегуляции, необходимой для успешного выполнения сложных задач в программировании, и могут иметь прямое влияние на профессиональный успех.

Опираясь на обзор существующих теоретических моделей и классификаций, можно предложить следующее рабочее определение метакогнитивных стратегий программистов. Метакогнитивные стратегии программистов – это осознанные и целенаправленные действия разработчиков программного обеспечения, регулирующие когнитивную деятельность в процессе решения задач программирования. Важно отметить, что эффективное применение этих стратегий предполагает высокий уровень осознания процесса работы, выбор адекватных методов и коррекцию ошибок в ходе выполнения задач.

Теоретический обзор работ в области метакогнитивных стратегий программистов показал, что основная масса исследований сосредоточена на метакогнитивных стратегиях обучения программированию, и объектом исследования выступали студенты и школьники, что дает возможность отнести их к группе начинающих программистов. Однако имеется очень мало работ, посвященных исследованиям метакогнитивных стратегий, применяемых опытными программистами и программистами экспертного уровня при решении ими реальных задач программирования непосредственно в своей профессиональной деятельности, а также сравнению метакогнитивных стратегий новичков и экспертов в программировании.

Для дальнейших исследований в рассматриваемой области следует сфокусироваться на детальном изучении метакогнитивных стратегий программистов экспертного уровня в ходе решения ими рабочих задач.

Учитывая, что разработка программного обеспечения является творческой деятельностью, особое внимание необходимо уделить влиянию эмоций и мотивации на выбор и применение метакогнитивных стратегий.

Литература

Беляков А.Ю. Педагогические подходы к формированию метакогнитивных навыков начинающих программистов. Гуманитарный научный вестник, 2025, No. 1, 44–49. DOI: 10.5281/zenodo.14754990

Ильясов И.И. Система эвристических приёмов решения задач. М.: Российский открытый университет, 1992.

Карпов А.В., Карпов А.А., Филиппова Ю.В. Метакогнитивная детерминация результативных параметров деятельности программистов. Российский психологический журнал, 2023, 20(1), 100–117. DOI:10.21702/rpj.2023.1.7

Фомин А.Е. Метакогнитивный мониторинг решения заданий на проверку знаний: психологические предикторы и связь с академической успешностью. Психолого-педагогические исследования, 2017, 9(4), 33–42. DOI:10.17759/psyedu.2017090404

Фомина Т.Г. Концептуальные подходы к анализу саморегулируемого обучения в зарубежной психологии образования. Современная зарубежная психология, 2022, 11(3), 27–37. DOI:10.17759/jmfp.2022110303

Baker L., Brown A.L. Metacognitive skills and reading. In: P.D. Pearson, R. Barr, M.L. Kamil, P. Mosenthal (Eds.), Handbook of reading research. New York: Longman, 1984. pp. 353–394.

Brown A.L., Palincsar A.S. Inducing strategic learning from texts by means of informed, self-control training. Topics in Learning & Learning Disabilities, 1982, 2(1), 1–17.

Çakıroğlu Ü., Er B. Effect of Using Metacognitive Strategies to Enhance Programming Performances. Informatics in Education, 2020, 19(2), 181–200. DOI:10.15388/infedu.2020.09

Efklides A. Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The

MASRL Model. Educational Psychologist, 2011, 46(1), 6–25. DOI:10.1080/00461520.2011.538645

Flavell J.H. Metacognitive aspects of problem solving. In: L.B. Resnick (Ed.), The Nature of Intelligence. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1976. pp. 231–235.

Flavell J.H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. American Psychologist, 1979, 34(10), 906–911.

Pintrich P.R. The role of goal orientation in self-regulated learning. In: M. Boekaerts, P.R. Pintrich, M. Zeidner (Eds.), Handbook of Self-Regulation. San Diego: Academic Press, 2000. pp. 451–502. DOI:10.1016/B978-012109890-2/50043-3

Prather J., Pettit R., McMurry K., Peters A., Homer J., Cohen M. Metacognitive difficulties faced by novice programmers in automated assessment tools. Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research, Espoo, 2018, pp. 41–50. DOI:10.1145/3230977.3230981

Pressley M., McCormick C.B. Advanced Educational Psychology for Educators, Researchers, and Policymakers. New York: HarperCollins, 1995.

Rum M.S., Zolkepli M. Metacognitive Strategies in Teaching and Learning Computer Programming. International Journal of Engineering & Technology, 2018, 7(4.38), 788–795. DOI:10.14419/IJET.V7I4.38.27546

Veenman M.V.J., van Hout-Wolters B.H.A.M., Afflerbach P. Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. Metacognition and Learning, 2006, 1, 3–14. DOI:10.1007/s11409-006-6893-0

Zimmerman B.J. Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? Contemporary Educational Psychology, 1986, 11(4), 307–313. DOI:10.1016/0361-476X(86)90027-5

Поступила в редакцию: 4 марта 2025 г.
Дата публикации: 30 декабря 2025г.

Сведения об авторе

Буркина Анна Владимировна. Аспирант института общественных наук, факультет психологии, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, пр-кт. Вернадского, д. 82, стр. 1, 119571 Москва, Россия.
E-mail: avburkina@yandex.ru

Ссылка для цитирования

Буркина А.В. Метакогнитивные стратегии в обучении программистов. Теоретический обзор. Психологические исследования. 2025. Т. 18, № 104. С. 3.
URL: https://psystudy.ru

Адрес статьи:

https://doi.org/10.54359/ps.v18i104.2012

Metacognitive strategies in programming education. Theoretical overview

Burkina A.V.[1]

[1] Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

The article provides a theoretical review of research on programmers' metacognitive strategies, including an analysis of both classical and contemporary models of self regulated learning. The first part examines concepts proposed by John Flavell, who was the first to identify planning, monitoring, and reflection as higher order strategies, as well as the classifications proposed by A. Brown, L. Baker, M. Pressley, C. McCormick, and others. Phase based and component models developed by B. Zimmerman, P. Pintrich, and A. Efklides are analyzed considering their strengths and methodological limitations. The second part of the review summarizes international and Russian studies describing pedagogical techniques for fostering metacognitive strategies in programming education, their classifications, and their impact on task solving performance. In conclusion, a working definition of metacognitive strategies in programming education is proposed, and directions for future research in this area are outlined.

Keywords: metacognitive strategies; self regulation; planning; monitoring; reflection; modeling; programming education; pedagogical methods; emotional regulation; metacognition

References

Baker L., Brown A.L. Metacognitive skills and reading. In: P.D. Pearson, R. Barr, M.L. Kamil, P. Mosenthal (Eds.), Handbook of reading research. New York: Longman, 1984. pp. 353–394.

Belyakov A.Yu. Pedagogical approaches to the formation of metacognitive skills of novice programmers. Humanitarian Scientific Bulletin, 2025, No, 1, 44–49. (in Russian) DOI: 10.5281/zenodo.14754990

Brown A.L., Palincsar A.S. Inducing strategic learning from texts by means of informed, self-control training. Topics in Learning & Learning Disabilities, 1982, 2(1), 1–17.

Çakıroğlu Ü., Er B. Effect of Using Metacognitive Strategies to Enhance Programming Performances. Informatics in Education, 2020, 19(2), 181–200. DOI:10.15388/infedu.2020.09

Efklides A. Interactions of Metacognition With Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model. Educational Psychologist, 2011, 46(1), 6–25. DOI:10.1080/00461520.2011.538645

Flavell J.H. Metacognitive aspects of problem solving. In: L.B. Resnick (Ed.), The Nature of Intelligence. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1976. pp. 231–235.

Flavell J.H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. American Psychologist, 1979, 34(10), 906–911.

Fomin A.E. Metacognitive monitoring of solving knowledge test tasks: psychological predictors and relation to academic success. Psychological-Educational Studies, 2017, 9(4), 33–42. DOI:10.17759/psyedu.2017090404 (in Russian)

Fomina T.G. Conceptual approaches to the analysis of self-regulated learning in foreign educational psychology. Journal of Modern Foreign Psychology, 2022, 11(3), 27–37. DOI:10.17759/jmfp.2022110303 (in Russian)

Ilyasov I.I. System of heuristic methods for problem solving. Moscow: Russian Open University, 1992. (in Russian)

Karpov A.V., Karpov A.A., Filippova Yu.V. Metacognitive determination of effective parameters of programmers' performance. Russian Psychological Journal, 2023, 20(1), 100–117. DOI:10.21702/rpj.2023.1.7 (in Russian)

Pintrich P.R. The role of goal orientation in self-regulated learning. In: M. Boekaerts, P.R. Pintrich, M. Zeidner (Eds.), Handbook of Self-Regulation. San Diego: Academic Press, 2000. pp. 451–502. DOI:10.1016/B978-012109890-2/50043-3

Prather J., Pettit R., McMurry K., Peters A., Homer J., Cohen M. Metacognitive difficulties faced by novice programmers in automated assessment tools. Proceedings of the 2018 ACM Conference on International Computing Education Research, Espoo, 2018, pp. 41–50. DOI:10.1145/3230977.3230981

Pressley M., McCormick C.B. Advanced Educational Psychology for Educators, Researchers, and Policymakers. New York: HarperCollins, 1995.

Rum M.S., Zolkepli M. Metacognitive Strategies in Teaching and Learning Computer Programming. International Journal of Engineering & Technology, 2018, 7(4.38), 788–795. DOI:10.14419/IJET.V7I4.38.27546

Veenman M.V.J., van Hout-Wolters B.H.A.M., Afflerbach P. Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. Metacognition and Learning, 2006, 1, 3–14. DOI:10.1007/s11409-006-6893-0

Zimmerman B.J. Becoming a self-regulated learner: Which are the key subprocesses? Contemporary Educational Psychology, 1986, 11(4), 307–313. DOI:10.1016/0361-476X(86)90027-5

Information about author

Burkina Anna Vladimirovna. Postgraduate student at the Institute of Social Sciences, Faculty of Psychology, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vernadsky ave., 82, bldg. 1, 119571 Moscow, Russia.
E-mail: avburkina@yandex.ru

For citation:

Burkina A.V. Metacognitive strategies in programming education. Theoretical overview. Psikhologicheskie Issledovaniya, 2025, Vol. 18, No. 104, p. 3.
https://psystudy.ru

[1] Мы относим это к метакогнитивным стратегиям в том случае, если студент сознательно использует сравнение как инструмент самоконтроля и регуляции процесса решения задачи, а не просто проверяет правильность работы программы.

[2] «Треугольник Паскаля» – это бесконечная таблица чисел в форме треугольника, в которой каждое число равно сумме двух чисел, расположенных над ним; используется в комбинаторике и алгебре.

[3] Вложенные циклы – конструкция в программе, когда один цикл выполняется внутри другого, что позволяет повторять действия сразу по нескольким параметрам.

[4] Манипуляция со строками – выполнение операций с данными кода, например, соединение, разделение, поиск или замена символов и слов.

[5] Функции логирования – процедуры в программе, которые автоматически записывают информацию о её работе (события, ошибки, результаты), чтобы упростить отладку и анализ.

[6] Metacognitive Awareness Inventory (MAI) – это инструмент, суть которого заключается в представлении обучающемуся серии вопросов, направленных на оценку двух основных аспектов метакогнитивной осведомлённости: метакогнитивных знаний и регуляции метакогнитивных процессов.

[7] GPA (Grade Point Average) – это система оценки успеваемости студентов, используемая в образовательных учреждениях, особенно в США, чтобы измерять академические достижения студентов на основе средней оценки их успеваемости по всем предметам.