



УДК: 159.9

Яковлев Илья Алексеевичаспирант факультета психологии,
Санкт-Петербургский Государственный Университет,
st041957@student.spbu.ru**Лепехин** Николай Николаевичкандидат психологических наук,
доцент кафедры психологии труда и организационной психологии,
Санкт-Петербургский Государственный Университет,
AuthorID: 656802,
n.lepehin@spbu.ru**Yu A. Yakovlev**Postgraduate student at the Faculty of Psychology,
Saint Petersburg State University,
st041957@student.spbu.ru**Nikolay N. Lepekhin**Candidate of Psychological Sciences,
Associate Professor of the Department of Labor Psychology and Organizational Psychology,
St. Petersburg State University,
AuthorID: 656802,
n.lepehin@spbu.ru

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ИЗУЧЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ И МЕТАКОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF PSYCHOLOGICAL RESEARCH ON MOBILE DEVICES: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS OF STUDYING COGNITIVE AND METACOGNITIVE PROCESSES

Аннотация: Мобильные устройства могут рассматриваться как самостоятельная методологическая платформа для организации психологических исследований, обеспечивающая многократные измерения в реальных условиях, мониторинг контекста и регистрацию «цифровых следов» поведения [1; 2; 13; 15]. Цель обзора — классифицировать основные форматы мобильных исследований ((EMA (моментальная экологическая оценка)/ESM (метод дневника), мобильное когнитивное тестирование, пассивное (дистанционное) зондирование), цифровое фенотипирование), оценить их возможности для изучения когнитивных процессов и проанализировать специфические методологические ограничения мобильного подхода при изучении метакогнитивных процессов [2; 5; 7; 14; 20; 22]. Особое внимание уделяется компромиссу «экологическая валидность—экспериментальный контроль», конструктивной валидности цифровых индикаторов, надежности в интенсивных дизайнах исследований, влиянию устройства/интерфейса/контекста на выполнение исследований [2; 3; 12; 17; 18].

Ключевые слова: мобильные исследования; смартфон; мобильное когнитивное тестирование; дистанционное зондирование; цифровое фенотипирование; когнитивные процессы; метакогнитивные процессы.

Abstract: Mobile devices can be considered as an independent methodological platform of modern psychology, providing multiple measurements in real conditions, contextual monitoring and registration of "digital traces" of behavior. [1; 2; 13; 15]. The purpose of the review is to classify the main formats of mobile research (smartphone—based EMA/ESM, mobile cognitive testing, passive sensing, digital phenotyping), evaluate their capabilities for studying cognitive processes, and analyze the specific methodological limitations of the mobile approach in studying metacognitive processes [2; 5; 7; 14; 20; 22]. Particular attention is paid to the "environmental validity—experimental control" trade-off, the constructive validity of digital indicators, reliability in intensive designs and the impact of device/interface/execution context [2; 3; 12; 17; 18].

Keywords: mobile research; smartphone; mobile cognitive testing; passive sensing; digital phenotyping; cognitive processes; metacognitive processes

Введение

Внедрение мобильных устройств в повседневную жизнь и профессиональную деятельность изменило способ, которым психологи могут получать данные о поведении людей и функционировании когнитивных процессов человека: современное устройство постоянно находится при пользователе, фиксирует множество аспектов его взаимодействия с цифровой и физической средой, а также позволяет реализовывать короткие повторные измерения «в моменте», а не постфактум [1; 2; 13; 15]. В рамках цифрового фенотипирования это описывается, как количествен-

ная характеристика индивидуального фенотипа в режиме реального времени с использованием данных персональных цифровых устройств (включая активные и пассивные потоки) [1; 2; 15]. Таким образом, смартфон следует рассматривать не только, как устройство для предъявления задач, а как технологически опосредованную исследовательскую среду, в которой дизайн сбора данных и дизайн анализа тесно связаны и взаимно ограничивают друг друга [2; 15].

Для когнитивной психологии мобильная платформа особенно важна по двум причинам. Во-первых, когнитивные показатели демонстрируют значительную внутриличностную вариативность и чувствительность к реальному контексту (усталость, переключение задач, прерывания), а лабораторный «срез» может быть недостаточен для описания повседневной динамики [13]. Во-вторых, мобильные технологии позволяют организовывать интенсивные лонгитюдные исследования, где один и тот же человек дает множество наблюдений, позволяющих выделять внутриличностные процессы и межличностные различия [14].

Одновременно с этим мобильная методология порождает новые источники систематических ошибок. Условия выполнения задач и ответов (шум, движение, социальные взаимодействия) часто неконтролируемы, что ослабляет экспериментальный контроль по сравнению с лабораторными условиями [13]. Показатели цифровых следов (паузы, возвраты к экрану, частота переключений) неоднозначны и могут отражать разные психологические механизмы или внешние вмешательства, что создает угрозы для конструктивной валидности [2; 17]. Для зависимых от времени когнитивных показателей существенное значение имеет тип устройства и параметры задержки ввода (latency), которые могут смещать миллисекундные расхождения и перекрывать истинные эффекты «шумом платформы» [18; 19]. При переходе к метакогнитивным процессам ограничения усиливаются, поскольку даже вне мобильного контекста измерение метакогниции зависит от выбранной метрики и часто демонстрирует проблемную устойчивость воспроизводимости результатов [20; 22].

Методы отбора и анализа источников

Обзор подготовлен как систематизированный нарративный обзор с опорой на явно заданное «ядро» источников и его расширение по принципу «снежного кома» на основе списков источников ключевых работ [1–12]. В ядро вошли публикации о цифровом фенотипировании, методе моментальной экологической оценки на смартфоне (de Vries), о мобильном когнитивном тестировании и его психометрике (Moore; Schweitzer; Van Patten), о психометрике ЕМА/статистических вопросах (Shiffman; Nezlek) и о мобильных ЕМА-измерениях мета-уровневых феноменов (Versluis; Kawashima) [1–13]. Для подхода к теме исследования метакогнитивных процессов дополнительно использованы методологические работы по измерению метакогнитивных явлений (Fleming & Lau; Maniscalco & Lau; Rahnev) и монография по интенсивным лонгитюдным методам (Bolger & Laurenceau), поскольку они задают общие требования к валидности метрик и к анализу интенсивных данных [20–23].

Отбор выполнялся по критериям: (а) рецензируемые статьи и академические монографии; (б) явная связь документов с мобильными форматами исследований (ЕМА, мобильное когнитивное тестирование, дистанционное зондирование) или с психометрикой метакогниции, потенциально переносимой в мобильные задания; (в) наличие вклада в методологию (дизайн, надежность/валидность, анализ соответствия, обсуждение интерпретируемости индикаторов [2; 5; 7; 14; 20; 22]). Источники распределялись по тематическим блокам статьи так, чтобы каждый методологический тезис опирался на первичные методологические статьи/обзоры либо на эмпирические работы по психометрии мобильных измерений [5; 7; 14; 22].

Основные подходы к психологическим исследованиям на мобильных устройствах

Мобильная методология не является единым решением: разные исследовательские задачи требуют различных форматов сбора данных, различающихся по типу показателей, нагрузке на участника и уровню контроля [1; 2; 5; 13]. В наиболее общем виде целесообразно различать четыре формата: (а) мобильные ЕМА/ЕСМ; (б) мобильное когнитивное тестирование; (в) дистанционное зондирование; (г) цифровое фенотипирование, как рамку интеграции активных и пассивных потоков [1; 2; 15]. Такое разделение необходимо, потому что «мобильность» сама по себе не задает ни тип измеряемого конструкта, ни допустимую интерпретацию данных: эти параметры определяются сочетанием протокола исследования, выбранных инструментов и аналитической модели [2; 17].

ЕМА/ЕСМ (формат «частых коротких оценок в повседневной среде») направлен на снижение ретроспективных искажений и повышение экологической валидности за счет опросов в режиме реального времени [13]. ЕМА на смартфонах, по данным систематического обзора, характеризуется высокой вариативностью дизайна (частота, длительность, оценка контекста), что делает необходимым подбор протокола исследования под частоту сбора данных и динамику конкретного феномена [4]. Мета-анализ по ЕМА описывает «типичный» профиль дизайна исследования в интервале около шести оценок в день в течение недели, что может служить реалистичной точкой отсчета при планировании нагрузки и ожидаемой полноты данных, но не заменяет исследовательского обоснования конкретной схемы [14].

Мобильное когнитивное тестирование (краткие повторяемые когнитивные задания) ориентирован на показатели эффективности (скорость реакции, задержка ответов, параметры рабочей памяти и др.) и часто используется как метод «динамического замера» когнитивного функционирования вне лаборатории [5; 7].

Дистанционное зондирование и цифровое фенотипирование смещают фокус с «разового задания» на долговременное накопление многомерных данных о поведении и контексте. Onnela описывает цифровое фенотипирование, как сбор и анализ плотных по времени данных на уровне индивидуумов и подчеркивает, что решения о сборе данных заранее ограничивают будущий дизайн исследования [2]. В этом контексте важно различать активные и пассивные данные, однако пассивность не снимает проблему интерпретации: цифровой след требует теоретически

обоснованного перехода от технической метрики к психологическому конструкту [2; 17]. В работах по требованиям к цифровому прототипированию специально подчеркивается, что интеграция потоков данных без прозрачности и без валидации может повысить риск неправильных выводов [3].

Возможности мобильных устройств для изучения когнитивных процессов

Ключевое методологическое преимущество мобильных устройств для когнитивных исследований — возможность повторных измерений и анализа внутриличностной вариативности, а не только средних различий между людьми [5; 7].

Содержательно когнитивные измерения на мобильных устройствах особенно перспективны для исследовательских задач, где критичны скорость и оперативный контроль: внимание/реакция, рабочая память и вариативность исполнительных функций [5; 7]. Исследование осуществимости когнитивных измерений на мобильных устройствах при изучении возрастного когнитивного снижения демонстрирует, что мобильные платформы для исследований могут применяться в реальных условиях и использоваться для отслеживания когнитивных изменений, однако их валидность требует проверки в определенной выборке и для конкретного методического инструмента [6]. Следовательно, позитивная сторона мобильного подхода (экологичность и повторяемость) реализуется лишь при параллельной работе по валидации и стандартизации инструментов [5; 6; 7].

Отдельную линию возможностей задают цифровые поведенческие следы как потенциальные когнитивные индикаторы. В работе о цифровых биомаркерах когнитивных функций описывается подход, в котором метрики взаимодействия человека со смартфоном сопоставляются с нейропсихологическими конструкциями; это демонстрирует принципиальную возможность «пассивных» приближенных индикаторов когниции в повседневной жизни [16].

Возможности и ограничения изучения метакогнитивных процессов на мобильных устройствах

Метакогнитивные процессы (мониторинг/оценка собственного знания и контроль поведения на основе этой оценки) методологически сложнее, чем базовые показатели эффективности, поскольку предполагают надежное измерение субъективной уверенности и ее связи с объективной точностью выполнения задач [20; 22]. Классические обзоры по измерению метакогниции показывают, что «простые» корреляции уверенности и точности подвержены влиянию смещения задержки ответа и уровня сложности задачи; поэтому для корректного анализа предлагаются подходы на основе SDT (теория самодетерминации)/ROC(концепция рабочей характеристики приемника), позволяющие разделять метакогнитивную чувствительность и метакогнитивные искажения [20]. Комплексная оценка метрик метакогниции показывает, что многие показатели существенно зависят от уровня выполнения задачи и имеют различную ретестовую надежность (часто низкую), что делает выбор метрики и пилотные психометрические исследования частью обязательного дизайна исследования (особенно в мобильной среде) [22].

В контексте исследований на мобильных устройствах ключевое ограничение состоит в том, что параметры функционирования метакогнитивных процессов нельзя вывести только из цифровых логов поведения пользователя. Длительные паузы, повторные попытки, частые возвраты к экрану могут отражать метакогнитивный мониторинг (сомнение, поиск подтверждений), но также могут быть следствием внешних прерываний, сложности интерфейса, снижения мотивации, моторных ограничений или технических задержек устройства [2; 17; 18]. Поэтому методологически более корректным является комбинированный дизайн: данные выполнения задачи + самоотчеты + событийные пробы (event-based probes) + оценка уверенности на уровне отдельных проб, что позволяет отделять «метакогнитивный сигнал» от нецелевых источников вариативности [20; 21; 22].

Хотя литература по исследованию метакогнитивных процессов с помощью мобильных устройств представлена в значительно меньшей степени, чем работы по мобильному зондированию и базовым ЕМА-измерениям, есть примеры переноса метауровневых конструктов в повседневную среду. ЕМА-оценки эмоциональной осознанности рассматриваются с точки зрения психометрических свойств, что демонстрирует принципиальную реализуемость измерения сложных саморефлективных феноменов в режиме реального времени при корректной операционализации [10]. Мета-анализ и систематический обзор феномена «Ухода в себя» посредством методики ЕМА показывает, что методологические параметры (частота проб, длительность, организация запросов) влияют на результаты и указывают на значимость повторных оценок: сам факт частых запросов о состоянии внимания может менять наблюдаемую динамику [11]. Эти выводы относятся и к исследованию метакогнитивных процессов на мобильной платформе: дизайн должен учитывать потенциальную реактивность ответов пользователя на элементы дизайна исследования и проверять, не становится ли измерение источником изменения изучаемого процесса [11; 14].

Ключевые методологические проблемы и ограничения

Компромисс между экологической валидностью и экспериментальным контролем является базовой дилеммой мобильных исследований. ЕМА специально создавалась для минимизации ретроспективных искажений и наблюдения процессов в естественных средах, однако это сказалось на снижении стандартизации условий и усложнении сбора статистики [13]. Методы лонгитюдных исследований эффективны для выявления внутриличностной динамики, но одновременно требуют особой логики планирования и анализа, в том числе учета динамических связей и ошибок измерения. На практике это означает, что мобильные исследования когнитивных процессов должны заранее выбирать и обосновывать степень контроля: от более естественного «полевого» выполнения до гибридных протоколов (например, удаленный надзор), чтобы удерживать баланс между экологичностью и интерпретируемостью [7].

Проблема конструктивной валидности и интерпретации данных особенно остро стоит для цифровых следов и «пассивных» индикаторов. Один и тот же цифровой признак может иметь разные психологические значения;

поэтому именование «цифровой переменной» само по себе не гарантирует, что измеряется соответствующий конструкт [2; 17].

В качестве перспективного подхода для интерпретации можно рассматривать когнитивные архитектуры (например, АСТ-R) как объяснительную рамку для связи требований задачи, времени отклика и ошибок. АСТ-R – это интегративная концепция, где наблюдаемое поведение возникает из взаимодействия процедурных и декларативных механизмов, что позволяет формулировать проверяемые гипотезы о природе задержек и ошибок [23]. В мобильном контексте такая модель не заменяет валидизацию, но помогает избежать «прямого чтения» цифровых логов как психологических конструктов и задает язык для теоретически обоснованного связывания контекста, нагрузки и наблюдаемой динамики [2; 23].

Проблемы надежности, воспроизводимости и дизайна повторных измерений включают ретестовую надежность, надежность измерений, частоту фиксации ответов, соответствие дизайна исследования, реактивность повторных оценок и статистическую зависимость данных [7; 12; 14]. В случае оптимизации частоты сбора данных в ЕМА, аналитический подход на основе теоремы Найквиста–Шеннона демонстрирует, что слишком редкая выборка может приводить к искаженной реконструкции динамики (aliasing), тогда как слишком частая — усиливает значение и риск пропусков; это применимо и к когнитивным/метакогнитивным данным, где динамика может быть многокомпонентной [9].

Влияние устройства, интерфейса и контекста выполнения заданий является отдельной методологической проблемой, поскольку мобильное измерение не является «нейтральным контейнером». На больших выборках показано, что выполнение заданий на зависимых от времени когнитивных тестах систематически различается между типами устройств и способами ввода, а различия интерпретируются как эффект технической задержки устройства и неоднородности интерфейсов [18]. Для мобильных приложений по измерению когнитивных процессов показано, что техническая задержка устройств ввода может смещать миллисекундные показатели, поэтому предлагаются альтернативные решения (например, регистрация движения через акселерометр) и оценивается сопоставимость между устройствами/операционными системами [19]. Эти данные означают, что дизайн должен либо стандартизировать устройство, либо измерять и включать параметры устройства (тип, ОС, особенности ввода и т.д.) как компоненты модели, особенно если целевой результат — миллисекундная скорость и вариативность внимания/реакции [7; 18; 19].

Этика, приватность и прозрачность являются не «формальным» разделом, а непосредственным методологическим условием корректности мобильных исследований. В цифровом фенотипировании решения о сборе данных и их обработке определяют, что именно измеряется и что может быть воспроизведено. Непрозрачность в определении признаков и процедур делает выводы непроверяемыми [2; 15].

Методологические решения, перспективы и заключение

Обзор литературы позволяет сформулировать принципы проектирования валидных исследований когнитивных и метакогнитивных процессов на мобильных устройствах. Во-первых, необходимо различать уровень конструкта и уровень платформы: мобильность — это инфраструктура, а метод определяется задачей и протоколом исследований (ЕМА для исследований состояний/контекста, мобильное когнитивное тестирование для оценки эффективности, зондирование для поведенческих маркеров, цифровое фенотипирование для интеграции потоков) [1; 2; 5; 13; 15]. Во-вторых, рекомендуется комбинировать активные и пассивные данные: пассивные потоки повышают контекстную информативность и длительность наблюдения, но не должны подменять измерение ключевого психологического конструкта без внешней валидизации [2; 15; 17]. В-третьих, метакогницию нельзя выводить напрямую из логирования действий пользователя: требуются сочетания самоотчета, ситуативных проб, данных о выполнении заданий и оценки уверенности, а также выбор метрик, устойчивых к влиянию сложности заданий и внешних искажений (в рамках современных SDT/ROC подходов) [20; 21; 22]. В-четвёртых, дизайн должен включать пилотное исследование и проверку надежности до основного исследования, поскольку дизайн интенсивного исследования предполагает собственные источники систематических ошибок [7; 8; 14]. В-пятых, технические параметры устройства и интерфейса должны либо контролироваться, либо включаться в модель как объясняющие факторы, особенно при миллисекундных показателях [18; 19]. Наконец, интерпретация цифровых индикаторов должна опираться на теоретическую модель (например, на когнитивную архитектуру), а этическая прозрачность и документация процедур — рассматриваться как необходимое условие воспроизводимости и валидности [2; 23].

Перспективы мобильных исследований в когнитивной эргономике и полевых задачах связаны с тем, что протоколы исследований на мобильной платформе позволяют изучать динамику внимания и переключения, мониторинг ошибок и коррекцию действий в условиях прерываний и неопределенности, как временные ряды, а не как единичные лабораторные «срезы» [13]. Цифровое фенотипирование в этой перспективе выглядит как инфраструктура для долгосрочных и чувствительных к контексту наблюдений, но его научная ценность зависит от валидизации признаков, учёта пропусков и корректного моделирования внутриличностных изменений [2; 14]. Для изучения метакогнитивных процессов перспектива мобильной среды реализуется только при строгом выборе метрик и при комбинированном дизайне исследования, иначе «метакогнитивные выводы» будут методологически слабее, чем в лабораторных условиях [22].

Итоговый тезис статьи состоит в следующем: мобильные устройства действительно расширяют возможности психологического исследования когнитивных и метакогнитивных процессов за счет повторных измерений и контекстной чувствительности. Однако это возможно только при условии, что смартфон рассматривается как сложная и изменчивая исследовательская среда, требующая особой логики валидизации, комбинирования данных и теоретически обоснованной интерпретации цифровых индикаторов [2; 7; 17; 22].

Список источников

1. Onnela J.-P., Rauch S. L. *Harnessing Smartphone-Based Digital Phenotyping to Enhance Behavioral and Mental Health* // *Neuropsychopharmacology*. 2016. Vol. 41, No. 7. P. 1691–1696. DOI: 10.1038/npp.2016.7.
2. Onnela J.-P. *Opportunities and Challenges in the Collection and Analysis of Digital Phenotyping Data* // *Neuropsychopharmacology*. 2021. Vol. 46, No. 1. P. 45–54. DOI: 10.1038/s41386-020-0771-3.
3. Montag C., Baumeister H., Kannen C., Sariyska R., Meßner E.-M., Brand M. *Digital Phenotyping in Psychological and Medical Sciences: A Reflection About Necessary Prerequisites to Reduce Harm and Increase Benefits* // *Current Opinion in Psychology*. 2020. Vol. 36. P. 19–24. DOI: 10.1016/j.copsyc.2020.03.013.
4. de Vries L. P., Baselmans B. M. L., Bartels M. *Smartphone-Based Ecological Momentary Assessment of Well-Being: A Systematic Review and Recommendations for Future Studies* // *Journal of Happiness Studies*. 2021. Vol. 22, No. 5. P. 2361–2408. DOI: 10.1007/s10902-020-00324-7.
5. Moore R. C., Swendsen J., Depp C. A. *Applications for Self-Administered Mobile Cognitive Assessments in Clinical Research: A Systematic Review* // *International Journal of Methods in Psychiatric Research*. 2017. Vol. 26, No. 4. Art. e1562. DOI: 10.1002/mpr.1562.
6. Schweitzer P., Husky M., Allard M., Amieva H., Pérès K., Foubert-Samier A., Dartigues J.-F., Swendsen J. *Feasibility and Validity of Mobile Cognitive Testing in the Investigation of Age-Related Cognitive Decline* // *International Journal of Methods in Psychiatric Research*. 2017. Vol. 26, No. 3. Art. e1521. DOI: 10.1002/mpr.1521.
7. Van Patten R., Iverson G. L., Muzeau M. A., VanRavenhorst-Bell H. A. *Test-Retest Reliability and Reliable Change Estimates for Four Mobile Cognitive Tests Administered Virtually in Community-Dwelling Adults* // *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. Art. 734947. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.734947.
8. Rabinowitz A. R., Hart T. *Adherence to High-Frequency Ecological Momentary Assessment in Persons With Moderate-to-Severe Traumatic Brain Injury* // *Journal of the International Neuropsychological Society*. 2024. Vol. 30, No. 8. P. 794–798. DOI: 10.1017/S1355617724000493.
9. Jamalabadi H., Koosha T. A., Stocker E., Jansen A., Ebner-Priemer U. W., Proppert R. K. K., Rieble C. L., Tutunji R., Fried E. I. *Optimizing the Frequency of Ecological Momentary Assessments Using Signal Processing* // *Psychological Medicine*. 2025. Vol. 55. Art. e358. DOI: 10.1017/S003329172510264X.
10. Versluis A., Verkuil B., Lane R. D., Hagemann D., Thayer J. F., Brosschot J. F. *Ecological Momentary Assessment of Emotional Awareness: Preliminary Evaluation of Psychometric Properties* // *Current Psychology*. 2021. Vol. 40. P. 1402–1410. DOI: 10.1007/s12144-018-0074-6.
11. Kawashima I., Hinuma T., Tanaka S. C. *Ecological Momentary Assessment of Mind-Wandering: Meta-Analysis and Systematic Review* // *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. Art. 2873. DOI: 10.1038/s41598-023-29854-9.
12. Nezlek J. B. *Ecological Momentary Assessment: Statistical Issues* // *European Psychiatry*. 2015. Vol. 30, Suppl. 1. P. 121. DOI: 10.1016/S0924-9338(15)31837-X.
13. Shiffman S., Stone A. A., Hufford M. R. *Ecological Momentary Assessment* // *Annual Review of Clinical Psychology*. 2008. Vol. 4. P. 1–32. DOI: 10.1146/annurev.clinpsy.3.022806.091415.
14. Wrzus C., Neubauer A. B. *Ecological Momentary Assessment: A Meta-Analysis on Designs, Samples, and Compliance Across Research Fields* // *Assessment*. 2023. Vol. 30, No. 3. P. 825–846. DOI: 10.1177/10731911211067538.
15. Torous J., Kiang M. V., Lorme J., Onnela J.-P. *New Tools for New Research in Psychiatry: A Scalable and Customizable Platform to Empower Data Driven Smartphone Research* // *JMIR Mental Health*. 2016. Vol. 3, No. 2. Art. e16. DOI: 10.2196/mental.5165.
16. Dagum P. *Digital Biomarkers of Cognitive Function* // *npj Digital Medicine*. 2018. Vol. 1. Art. 10. DOI: 10.1038/s41746-018-0018-4.
17. Montag C., Elhai J. D., Dagum P. *On Blurry Boundaries When Defining Digital Biomarkers: How Much Biology Needs to Be in a Digital Biomarker?* // *Frontiers in Psychiatry*. 2021. Vol. 12. Art. 740292. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.740292.
18. Passell E., Strong R. W., Rutter L. A., Kim H., Scheuer L., Martini P., Grinspoon L., Germaine L. *Cognitive Test Scores Vary With Choice of Personal Digital Device* // *Behavior Research Methods*. 2021. Vol. 53, No. 6. P. 2544–2557. DOI: 10.3758/s13428-021-01597-3.
19. VanRavenhorst-Bell H. A., Muzeau M. A., Luinstra L., Goering J., Amick R. Z. *Accuracy of the SWAY Mobile Cognitive Assessment Application* // *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021. Vol. 16, No. 4. P. 991–1000. DOI: 10.26603/001c.24924.
20. Fleming S. M., Lau H. C. *How to Measure Metacognition* // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. Art. 443. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00443.
21. Maniscalco B., Lau H. A *Signal Detection Theoretic Approach for Estimating Metacognitive Sensitivity From Confidence Ratings* // *Consciousness and Cognition*. 2012. Vol. 21, No. 1. P. 422–430. DOI: 10.1016/j.concog.2011.09.021.
22. Rahnev D. *A Comprehensive Assessment of Current Methods for Measuring Metacognition* // *Nature Communications*. 2025. Vol. 16. Art. 701. DOI: 10.1038/s41467-025-56117-0.
23. Anderson J. R., Bothell D., Byrne M. D., Douglass S., Lebiere C., Qin Y. *An Integrated Theory of the Mind* // *Psychological Review*. 2004. Vol. 111, No. 4. P. 1036–1060.