Экспериментальная психология
2026. *19*(3), 205–225.
https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312
ISSN: 2072-7593
ISSN: 2311-7036 (online)

Experimental Psychology (Russia)
2026. *19*(3), 205–225.
https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312
ISSN: 2072-7593
ISSN: 2311-7036 (online)

Научная статья | Original paper

Апробация комплексного теста на оценку времени до контакта: факторы, влияющие на результативность выполнения задачи

Е.Г. Мачнев[1], **И.В. Дорошук**[1], **О.В. Сысоева**[1, 2] ✉
[1] Научно-технологический университет «Сириус», Сириус, Российская Федерация
[2] Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,
Москва, Российская Федерация
✉ olga.v.sysoeva@gmail.com

Резюме

Контекст и актуальность. Способность к экстраполяции движения лежит в основе успешного взаимодействия с динамично изменяющимися объектами в окружающей среде. Для решения подобных задач люди могут придерживаться либо стратегии когнитивной экстраполяции скрытого движения, либо стратегии отсчета заранее оцененного времени. **Цель**: апробировать комплексную реализацию задач, направленных на оценку способности к экстраполяции движения, оценить влияние реализованных типов задач на точность ответа, а также изучить эффект от выполнения теста в динамике (научение). **Методы и материалы.** Шесть участников (32—44 года) выполняли задания утром и вечером в течение ≥5 дней (всего 10—28 измерений на человека). Задача включала в себя семь уровней, отражающих различные аспекты экспериментальных заданий на экстраполяцию движения. От уровня к уровню последовательно варьировалась сложность траектории движения, моделировались сложность отслеживания скрытого движения (скрытие траектории или ее части), а также ориентация на отсчет времени (фиксированное или случайное время движения объекта). **Результаты.** Точность выполнения задачи значимо различалась между реализованными уровнями, при этом наибольшую сложность вызвало усложнение траектории движения и ее сокрытие, при этом фиксированная длительность движения объекта не облегчала выполнение задачи. Также не было обнаружено эффекта научения при многократных повторениях теста в ходе исследования. **Выводы.** Результаты свидетельствуют о ведущей роли стратегии экстраполяции движения, а не стратегии отсчета времени, в успешности выполнения задачи. Предложенная комплексная задача является чувствительным инструментом для изучения когнитивных механизмов оценки времени до контакта.

Ключевые слова: экстраполяция движения, прогнозирование движения, оценка времени до контакта, обратная связь, восприятие времени

Финансирование. Результаты получены при финансовой поддержке исследования, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории “Сириус”» (Соглашение № 3-03 от 18.02.2025).

Для цитирования: Мачнев, Е.Г., Дорошук, И.В., Сысоева, О.В. (2026). Апробация комплексного теста на оценку времени до контакта: факторы, влияющие на результативность выполнения задачи. *Экспериментальная психология, 19*(3), 205—225. https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

© Мачнев Е.Г., Дорошук И.В., Сысоева О.В., 2026

CC BY-NC

Approbation of a comprehensive time-to-contact test: Factors influencing task performance

E.G. Machnev[1], **I.V. Doroshuk**[1], **O.V. Sysoeva**[1, 2] ✉
[1] Sirius University of Science and Technology, Sirius, Russian Federation
[2] Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
✉ olga.v.sysoeva@gmail.com

Abstract
Context and relevance. The ability to extrapolate movement is the basis for successful interaction with dynamically changing objects in the environment. To perform such tasks, individuals may rely on either cognitive motion extrapolation or cognitive clocking based on a previously estimated time interval. **Objective**: to probe a comprehensive implementation of time-to-contact tasks aimed at assessing the ability to extrapolate movement, to evaluate the effect of the implemented task types on response accuracy, and to study the effect of learning on task performance. **Methods and materials.** The study sample consisted of six people aged 32 to 44 years. Participants completed an experimental protocol consisting of different types of tasks in the morning and evening hours for at least 5 days (total number of measurements 10 to 28, M = 21.83, SD = 8.21). The task included seven levels reflecting different aspects of experimental tasks on extrapolation of movement. From level to level, the complexity of the movement trajectory, the ability to track movement (hiding the trajectory or its part), as well as orientation to the timing (fixed time of the ball's movement) sequentially varied. **Results.** Task performance accuracy varied significantly between the implemented levels, with the greatest difficulty being caused by complicating the movement trajectory and concealing it, while the fixed duration of the object' movement did not facilitate task performance. No learning effect was observed across multiple test repetitions during the study. **Conclusions.** The results indicate the leading role of the motion tracking mechanism, rather than the timing strategy, in the success of extrapolation. The proposed paradigm provides a sensitive tool for studying the cognitive mechanisms of contact time estimation.

Keywords: motion extrapolation, motion prediction, time-to-contact estimation, feedback, time perception

Funding. This work was supported by the grant of the state program of the "Sirius" Federal Territory "Scientific and technological development of the "Sirius" Federal Territory" (Agreement No. 3-03, 18.02.2025).

For citation: Machnev, E.G., Doroshuk, I.V., Sysoeva, O.V. (2026). Approbation of a comprehensive time-to-contact test: Factors influencing task performance. *Experimental Psychology (Russia), 19*(3), 205—225. (In Russ.). https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

Введение

В современной экспериментальной психологии существуют множество различных тестов для оценки когнитивных функций. Одним из них является тест на оценку времени до контакта, что в зарубежной литературе называется также time to collision, time to contact или даже coincidence-anticipation task, т. е. задача на предвосхищение совпадения. Оценка времени до контакта — одна из ключевых способностей, обеспечивающих эффективное взаимодействие с динамичной средой в различных контекстах. В общем виде, экспериментальные задачи на оценку времени до контакта моделируют движение объекта

по простой траектории. Через некоторое время после начала движения объект становится невидимым для участника, и задача состоит в том, чтобы остановить движение объекта в обозначенной целевой зоне. Для эффективного выполнения данного теста важную роль играет способность спрогнозировать положение объекта через определенное время, что можно достичь с помощью разных стратегий. Так, например, можно детально представлять скрытое движение по намеченной траектории, а можно оценить время прохождения траектории до целевой зоны и отмерить это время (Makin, Poliakoff, 2011).

Некоторым предшественником задач на оценку времени до контакта является экстраполяционный рефлекс животных, исследуемый Л.В. Крушинским (1993), который изучал восприятие непрерывности и оценку тождества объекта при исчезновении. Одним из пионеров исследований предсказания движения был Р.М. Готтсданкер (Gottsdanker, 1952a, 1952b). Сейчас традиционными тестами для изучения экстраполяции движения являются парадигма прерывания и задача на предсказание времени до контакта (DeLucia, Liddell, 1998). В парадигме прерывания движущийся объект исчезает на определенный интервал, после чего появляется в правильной или смещенной позиции. При этом наблюдатель должен определить, было ли появление объекта корректным. В задачах на предсказание времени до контакта требуется указать момент предполагаемого достижения объектом определенной целевой точки. Задачи на оценку времени до контакта являются хорошим инструментом оценки способности к экстраполяции движения, так как позволяют количественно оценить хронометрическую точность экстраполяции, изолировав ее от постокклюзионной сенсорной обратной связи (Sokolov, Pavlova, 2003).

Экспериментальные данные, полученные с помощью задач на предсказание движения, демонстрируют, что эффективность экстраполяции модулируется как физическими параметрами стимула (скорость, размер, длительность окклюзии), так и контекстуальными (наличие дистракторов), а также внутренними (внимание, семантический контекст) факторами (Battaglini, Ghiani, 2021).

Согласно Дж.Р. Тресилиану (Tresilian, 1995; Tresilian 1999), оценка времени до контакта осуществляется на основе ряда сенсорных сигналов, при этом тип обработки данной информации (быстрый и автоматический или более медленный, когнитивный) зависит от условий выполнения задачи. Так, когнитивная обработка информации может осуществляться при достаточной паузе между исчезновением цели и ответом (более ~300—400 мс), длительном наблюдении за объектом (более секунды), а также при недостаточной натренированности в выполнении задачи. Среди основных моделей, объясняющих поведение человека при выполнении задачи оценки времени до контакта, отметим несколько. Согласно модели когнитивного отсчета времени, после первоначальной оценки времени до контакта на основе доступной информации наблюдатель опирается на внутренние механизмы отсчета времени в период отсутствия визуальной информации (DeLucia, Liddell, 1998). Модель когнитивной экстраполяции движения постулирует, что наблюдатель не просто отсчитывает временной интервал после исчезновения объекта, а непрерывно обновляет пространственно-временную репрезентацию движения скрытого объекта (DeLucia, Liddell, 1998). Позже А. Макин и Е. Поляков (Makin, Poliakoff, 2011) предоставили доказательства активной вовлеченности окуломоторной системы в процесс экстраполяции движения, расширив тем самым модель и полагая общность систем отслеживания глаз и предсказания движения. В более поздней работе А. Макин (Makin, 2018)

предложил наличие общего механизма, отвечающего за скорость ментальных репрезентаций в различных контекстах, отводя окуломоторной активности роль сопутствующего индикатора. Резюмируя, важно отметить, что модели отсчета времени и экстраполяции движения не являются взаимоисключающими, а, скорее, отражают возможные стратегии выполнения задачи (Makin, 2018; DeLucia, Liddell, 1998).

Продолжая интеграцию разных концепций о механизмах предсказания движения, Ч.-Дж. Чанг и М. Джазаери (2018) продемонстрировали, что временная структура события является дополнительным источником, из которого наша зрительная система может экстраполировать релевантную временную информацию для прогнозирования времени до контакта. Интересно, что существуют конвергентные данные о роли детекторов движения при предсказании движения. Детекторы движения, по-видимому, участвуют в автоматическом отслеживании перекрытой цели, но только при кратковременных перекрытиях. Это, вероятно, достигается за счет способности продолжать плавное слежение в течение примерно 200 мс после перекрытия (Battaglini et al., 2015). Несмотря на разнообразие подходов, консенсус заключается в том, что экстраполяция скрытого движения является гибким, многокомпонентным процессом, в реализации которого, в зависимости от условий задачи, могут участвовать различные перцептивные и когнитивные ресурсы.

В реальной жизни, а также в спорте, задачи, требующие экстраполяции движения и оценки времени до контакта, довольно часты. Причем нередко степень развития этой способности играет важную роль в успешности деятельности, а также может быть критически важна для сохранения жизни (например, при вождении автомобиля). В связи с этим было проведено много исследований для оценки возможности тренировки этого качества (DeLoss et al., 2015; Landwehr et al., 2013; Alsharji, Wade, 2016). Было показано, что спортсмены высокого уровня выполняют тесты на оценку времени до контакта гораздо лучше спортсменов более низкого уровня (Morris-Binelli, Müller, 2017). Недавний метаанализ также показал, что способность оценки времени до контакта можно тренировать и даже переносить из экспериментальных условий на реальные успехи в спорте (Müller et al., 2024).

С целью разностороннего изучения факторов, влияющих на механизм экстраполяции движения, была разработана комплексная задача из семи различных уровней, объединяющих разные аспекты экспериментальных задач на экстраполяцию движения. Во-первых, для повышения вовлеченности в процесс выполнения задачи, а также для оценки потенциального эффекта научения, в каждой попытке участникам предъявлялась визуальная обратная связь о точности ответа. Во-вторых, в части уровней предъявлялись более сложные траектории в виде ломаной линии, состоящей из нескольких отрезков разной длины. При этом, с целью минимизировать потенциальный эффект заучивания однообразных временных интервалов, траектория генерировалась случайным образом для каждой попытки. За исключением одного из уровней, траектория оставалась видимой на протяжении всего времени движения.

Таким образом, в рамках комплексной задачи была реализована серия экспериментальных условий, направленных на выявление вклада различных факторов в процессы экстраполяции движения. В контрольном условии (Уровень 0. Горизонтальная прямая без окклюдера) участники выполняли задачу на моторный ответ — объект двигался по прямой линии и оставался видимым на всем протяжении пути. Участник должен был

остановить движение как можно ближе к целевой зоне нажатием клавиши. Для всех последующих уровней добавлялся окклюдер — элемент, скрывающий движение объекта по траектории начиная с определенной части пути. На Уровне 1 (горизонтальная прямая с окклюдером по центру) окклюдер был расположен по центру пути и оставался видимым для участника, а траектория оставалась прямой и фиксированной по длине. На данных уровнях участнику было достаточно, основываясь на предъявляемом после завершения попытки положении шарика, заучить за отведенное количество попыток временной интервал, за который шарик точно достигает цели. Результаты этих тестов использовались как контроль в оценке того, насколько эффективно вводимые далее усложнения подавляли эффект научения и был ли он в принципе существенен.

На Уровне 2 (горизонтальная прямая с окклюдером в разных частях траектории) позиция окклюдера не отображалась и изменялась случайным образом, при этом траектория оставалась без изменений и была аналогична предыдущим уровням. Во всех перечисленных уровнях время движения от позиции старта до целевой зоны было фиксировано. Таким образом, тест становился сложнее, если решать его, ориентируясь на видимое движение шарика, но не менялся, если ориентироваться на отсчет времени, проходящего от начала движения до целевой зоны. Это позволяет изолировать эффект заучивания интервалов от начала до конца от других типов «временных ориентиров» (интервала от входа под окклюдер, движение глаз/головы вдоль траектории за шаром и пр.).

Уровень 3 (ломаная линия с окклюдером в разных частях траектории) характеризовался случайным положением окклюдера, а также более сложной траекторией в виде ломаной линии. Для данного уровня и всех последующих траектория генерировалась специальным алгоритмом, форма траектории и длительность прохождения пути варьировались между попытками.

С целью проверки гипотезы о том, что участники могут имплицитно выделить эталонное время прохождения пути и опираться на него в своих ответах, был введен уровень, альтернативный Уровню 3. На Уровне 6 (фиксированное время пути до целевой зоны) также сохранялась сложная траектория в виде ломаной линии со случайной позицией окклюдера, но время прохождения пути до целевой зоны было фиксированным. Для достижения заданной длительности прохождения пути варьировалась скорость движения объекта. Если проходить тест без ориентации на интервалы, то этот уровень становится сложнее других, так как в них скорость всегда постоянна. Но если участник уже выработал стратегию отсчета времени на первых уровнях, ему будет нетрудно заметить закономерность и адаптировать ее к этому уровню.

Уровень 4 (скрывающаяся траектория) дополнительно включал нагрузку на рабочую память: перед началом движения траектория предъявлялась участнику на одну секунду, после чего скрывалась, и начиналось движение. Задача этой вариации — затруднить использование стратегии когнитивной экстраполяции движения, сделав невозможным слежение взглядом по траектории.

На Уровне 5 (расположение точки остановки объекта на траектории) был изменен тип ответа: вместо остановки движения по нажатию клавиши участник выбирал предполагаемое место остановки движения при помощи мыши. Целевая зона в данном уровне отсутствовала, вместо этого сигналом об остановке движения выступало окрашивание фона в розовый цвет. Этот тест инвертирует задачу — вместо предсказания времени по

известной длине движения участнику требуется предсказать длину, пройденную по траектории, за данное время. Он позволяет проверить, испытывает ли механизм «обратного» предсказания те же искажения, что и «прямого». Если да, то системная недооценка (остановка раньше цели) в предыдущих тестах будет сопровождаться переоценкой (указание дальше реального положения шара) в этом тесте, и наоборот.

Кроме основной задачи исследования, заключающейся в апробации новых реализаций задачи на оценку времени до контакта и анализе изменения в абсолютной и относительной точности выполнения теста в зависимости от типа задачи, в ходе проведенного исследования также изучалась возможность улучшения показателей выполнения теста и их устойчивость во времени за счет многократного прохождения одним и тем же участником как минимум в течение недели. Дополнительно изучалось влияние времени суток на успешность выполнения задач, а также внутренних факторов теста, таких как особенности траекторий движения, скорости и длины участка за окклюдером.

Материалы и методы

Выборка исследования

Сбор данных проводился на базе Ресурсного центра «Междисциплинарные исследования спорта» НТУ «Сириус». Выборку исследования составили шесть участников (одна женщина) в возрасте от 32 до 44 лет, без психиатрических и неврологических отклонений.

Участники выполняли экспериментальную задачу с ноутбуков, находясь в одном помещении на рабочем месте. Общая продолжительность сбора данных составила около одного месяца, участники выполняли тест каждый второй будний день. В рамках одного дня предусматривалось выполнение задачи в утреннее и вечернее время суток. Каждый участник выполнил задачу от 10 до 28 раз ($M = 21{,}83$, $SD = 8{,}21$). Количество однократных прохождений теста варьировалось между участниками по причине включения в исследование в разное время суток, ухода в отпуск или по иным обстоятельствам, повлиявшим на доступность участников.

Процедура исследования

Экспериментальная задача (Brain_and_psyche, 2025) была разработана на основе фреймворка Electron (Build cross-platform desktop apps…). Стимулы предъявлялись на белом фоне с соотношением сторон 3:2, разделенном на 600 × 400 условных точек (у.т.). Слева располагалась панель с текстовыми инструкциями к выполнению задания.

Движущийся объект был представлен в виде оранжевого круга с контуром по краям (радиус 10 у.т.). Сразу после начала попытки объект начинал движение по заданной траектории. Траектории были представлены в виде линии желтого цвета и могли варьироваться как по форме, так и по длине в зависимости от уровня. За исключением контрольного условия, на часть пути накладывался окклюдер, скрывающий движение объекта. Когда объект достигал границы окклюдера, его видимая часть начинала постепенно обрезаться и информация о положении объекта была недоступна до окончания попытки. Также на траектории была расположена целевая зона, обозначенная кругом бордового цвета (радиус 8 у.т.). Задача участника заключалась в том, чтобы остановить движение шара нажатием клавиши пробела в момент достижения целевой зоны. После каждой попытки участнику предъявлялась текстовая обратная связь с информацией о точности ответа, а также визуальная обратная связь в виде пунктирного контура объекта вокруг точки фактической

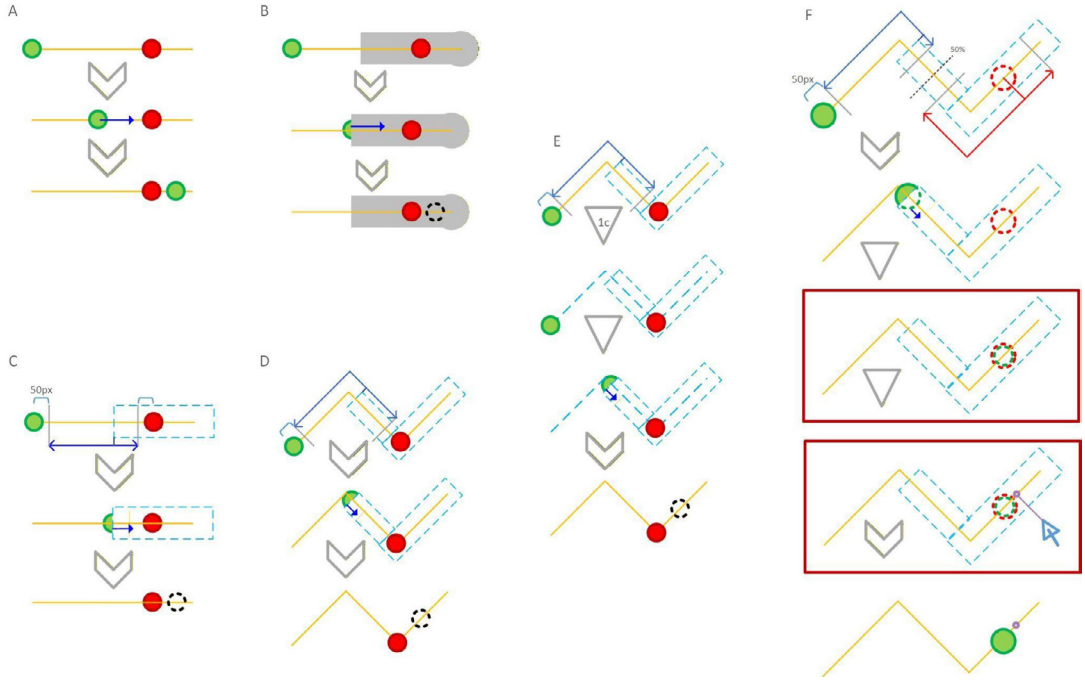


Рис. 1. *Иллюстрация уровней теста:* A — Уровень 0, шарик видим на протяжении всего пути, останавливается нажатием (широкая стрелка — требуется нажатие пробела/клавиши мышь); B — Уровень 1, добавляется статичный окклюдер (вид для участника); C — Уровень 2, окклюдер становится невидимым, и его начало определяется случайно от 50 у.т. от старта до -50 у.т. от цели (участник не видит пунктирные контуры); D — Уровень 3, аналогичен 2, но траектория случайная и ломаная. Между стартом и целью от 3 до 5 изломов, после — всегда 1. Целевая зона всегда расположена на изломе; E — Уровень 4. Траектория видна только 1 с, пока объект не двигается (треугольная стрелка — происходит само), потом остается только цель и шар. После ответа предъявляются все элементы; F — Уровень 5. Окклюдер всегда скрывает минимум половину пути (от 50 у.т. с начала до -50 у.т. от середины), на этой половине (от 50 у.т. от середины до -50 у.т. до конца) выбирается точка остановки (участнику не видна). Объект автоматически останавливается на этой точке, и фон экрана меняет цвет (на рис. изображено рамкой). Участнику нужно выбрать, где остановился шарик. В конце каждого уровня предъявляется результат

Fig. 1. *Illustration of the task levels:* A — Level 0, the ball remains visible throughout its trajectory and is stopped by the participant's response, with the wide arrow indicating a required spacebar press or mouse click; B — Level 1, a stationary occluder is introduced, as shown from the participant's perspective; C — Level 2, the occluder becomes invisible, and its starting position is randomly selected between 50 arbitrary units after the starting point and 50 units before the target. The dashed outlines are not visible to the participant; D — Level 3, similar to Level 2, but the trajectory is randomly generated and consists of multiple straight segments. There are three to five changes in direction between the starting point and the target, and always one after the target. The target zone is always located at a change in direction; E — Level 4, the trajectory is visible for only 1 s while the ball remains stationary, with the triangular arrow indicating an automatic transition. Subsequently, only the target and the ball remain visible. All elements are displayed again after the response; F — Level 5, the occluder extends to the end of the trajectory, always hiding at least half of its length. Its starting position is randomly selected between 50 units after the starting point and 50 units before the midpoint. A stopping point, invisible to the participant, is selected between 50 units after the midpoint and 50 units before the endpoint. The ball automatically stops at this point, and the screen background changes color. In the figure, this color change is represented by a border. The participant then indicates where the ball stopped. Feedback is presented at the end of each level

остановки движения. Обратная связь предъявлялась до повторного нажатия на пробел, после чего начиналась следующая попытка.

Комплексная экспериментальная задача состояла из семи последовательно выполняемых уровней. Каждый уровень включал фиксированное количество попыток (10 для первых трех уровней и 20 для остальных). Скорость движения объекта по траектории оставалась постоянной во всех уровнях (200 у.т./с), за исключением Уровня 6. Перед началом уровня участнику предъявлялись соответствующие инструкции.

Уровень 0. Горизонтальная прямая без окклюдера. Траектория была фиксирована для всех попыток и представляла собою горизонтальную прямую линию, занимающую 400 у.т. Целевая зона располагалась на ¾ от всей длины траектории. Длительность движения до целевой зоны составляла 1500 мс.

Уровень 1. Горизонтальная прямая с окклюдером по центру. К реализации предыдущего уровня добавлялся окклюдер, расположенный ровно по центру между точкой старта и целевой зоной. Положение окклюдера на траектории оставалось видимым для участника и было представлено в виде серой обводки вокруг траектории. Начиная со следующего уровня точка начала окклюдера была невидима.

Уровень 2. Горизонтальная прямая с окклюдером в разных частях траектории. Точка начала окклюдера варьировалась и равновероятно выбиралась из распределения между 1/6 и 5/6 пути до целевой зоны. Траектория, положение целевой зоны и длительность прохождения пути были идентичны предыдущим уровням.

Уровень 3. Ломаная линия с окклюдером в разных частях траектории. Траектории для каждой попытки генерировались с использованием разработанного алгоритма (Приложение А, рис. А1) и представляли собой ломаную линию, состоящую из 5—7 отрезков разной длины. Таким образом, положение и форма траектории, а также длительность прохождения пути варьировались между попытками. Точка начала окклюдера выбиралась случайным образом аналогично Уровню 2.

Для всех последующих уровней процедура генерации траекторий и выбора точки начала окклюдера соответствовала Уровню 3. Важно отметить, что версия алгоритма генерации, использованная для сбора данных, отличалась от описанной — шаг сравнения углов (Приложение А, рис. А1, Е) всегда пропускался. Из-за этого алгоритм генерировал как можно более прямые траектории, внося развороты только при достижении края поля. Это несколько упрощало траектории, но не мешало выполнению теста.

Уровень 4. Скрывающаяся траектория. Траектория предъявлялась участнику в начале попытки на 1000 мс, после этого траектория скрывалась и начиналось движение объекта. После остановки движения траектория предъявлялась повторно, одновременно с отображением обратной связи.

Уровень 5. Расположение точки остановки объекта на траектории. На данном уровне был изменен формат ответа. Вместо остановки движения по нажатию на пробел движущийся объект автоматически останавливался при достижении заданной точки, расположенной под окклюдером. Момент остановки сопровождался окрашиванием фона в розовый цвет. После этого участнику требовалось при помощи мыши отметить точку предполагаемой остановки движения. От курсора на траекторию проецировалась точка, отображающая позицию объекта на траектории. Ответ принимался по нажатию левой кнопки мыши. Целевая зона не отображалась на траектории.

Уровень 6. Фиксированное время пути до целевой зоны. Данный уровень аналогичен Уровню 3, но скорость движения объекта в каждой попытке адаптивно подбиралась таким образом, чтобы время движения до целевой зоны составляло 3000 мс.

Статистический анализ

Анализ данных проводился с использованием библиотеки statsmodels (версия 0.14.5) на языке Python для построения смешанных линейных моделей, а также с использованием программного обеспечения JASP (версия 0.96) для проведения дисперсионного анализа с повторными измерениями.

В качестве показателей точности ответа рассматривалось два параметра: абсолютная и относительная точность в миллисекундах. Относительная точность рассчитывалась как разница между временем фактической остановки движения и расчетным временем движения до целевой зоны. Таким образом, значения ближе к нулю указывали на более точное попадание в целевую зону, отрицательные значения отражали остановку движения до целевой зоны, а положительные — после целевой зоны. Абсолютные значения точности были получены путем взятия соответствующих относительных значений по модулю и отражали точность попадания в целевую зону без учета направления ошибки.

Перед статистическим анализом был выполнен ряд шагов, направленных на исключение выбросов на уровне отдельных попыток. Для всех включенных в анализ переменных выбросами считались значения, превышающие 2 межквартильных размаха. С целью исключить неудачные генерации попыток выбросы определялись для всех характеристик, варьируемых внутри каждого из уровней экспериментальной задачи. На данном этапе было исключено 0,24% от всех данных. Для показателя точности выбросы маркировались отдельно по каждому прохождению уровня участником. Всего из анализа было исключено 2,94% данных на уровне отдельных попыток.

Для сравнения реализованных уровней экспериментальной задачи был проведен дисперсионный анализ с повторными измерениями. В анализ были включены все уровни задачи в качестве фактора с семью уровнями. Для пост-хок анализа использовался парный t-критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони на множественные сравнения. Анализ был проведен отдельно для относительных и абсолютных значений точности. Показатели точности были получены путем усреднения ответов по каждому прохождению теста.

С целью оценить эффект научения были построены смешанные линейные модели отдельно для каждого уровня теста и отдельно по относительным и абсолютным значениям точности ответа. Модели включали порядковый номер выполнения теста и время суток (утреннее или вечернее) в качестве фиксированных эффектов. Значения точности были получены путем усреднения ответов по каждому прохождению задачи. Для учета индивидуальных различий был задан случайный интерсепт и случайные наклоны по порядковому номеру выполнения теста для каждого участника. Для каждого уровня формула модели выглядела следующим образом:

$$\textit{Точность ответа} \sim \textit{порядковый номер прохождения} + \textit{часть дня} + (1 + \textit{порядковый номер прохождения} \mid \textit{участник})$$

Далее смешанные линейные модели были построены для изучения изменений в оценках длительности движения при варьировании длительности движения по видимой части пути, длительности движения за окклюдером и сложности траектории. Перечисленные

характеристики были заданы в качестве фиксированных эффектов (предикторов). Длительность движения рассчитывалась в миллисекундах. При учете длительности движения за окклюдером учитывалось время от момента начала окклюдера до целевой зоны. Метод оценки сложности траектории представлен в Приложении А.

В анализ были включены все ответы участников, без усреднений по прохождениям теста. В модель также были включены случайные эффекты наклона и интерсепта по порядковому номеру прохождения задачи для каждого участника. Модели были построены для каждого уровня, формула моделей для всех уровней кроме шестого выглядела следующим образом:

Точность ответа ~ видимый путь + окклюдер + сложность траектории +
(1 + порядковый номер прохождения | участник)

Для шестого уровня вместо длительности видимой части пути учитывалась характеристика скорости движения объекта по траектории:

Точность ответа ~ скорость движения + окклюдер + сложность траектории +
(1 + порядковый номер прохождения | участник)

Помимо этого, для оценки влияния обратной связи был выполнен корреляционный анализ Пирсона между относительной точностью предыдущего ответа (n-1) и относительной точностью последующего (n). Первые попытки на каждом уровне были исключены из анализа. Уровень статистической значимости определялся на основе пермутационного теста с последующим применением поправки Бонферони для множественных сравнений.

Результаты

Анализ точности в зависимости от уровня теста показал значимое влияние фактора условия как для абсолютных ($F(6, 5) = 106{,}9$, $p < 0{,}001$), так и для относительных ($F(6, 5) = 7{,}05$, $p < 0{,}001$) значений точности. После применения поправки Бонферрони пост-хок тесты по абсолютным значениям точности показали значимое различие между всеми уровнями, за исключением первого и второго, третьего и пятого, четвертого и пятого, четвертого и шестого, пятого и шестого (рис. 2, А; Приложение В, табл. В1). Для относительных значений точности, напротив, была показана разница только для четвертого уровня с нулевым, первым и вторым (рис. 2, Б; Приложение В, табл. В2).

Не было обнаружено статистически значимой связи между увеличением количества прохождений теста и изменением точности ответов (в моделях, достигших сходимости). Результат отсутствовал по какому-либо из уровней теста, как для относительной, так и для абсолютной точности (рис. 3; Приложение С, табл. С1—14). Стоит отметить, что пять из четырнадцати линейных моделей не достигли сходимости, что снижает надежность результатов анализа.

Статистически значимая связь со временем суток была обнаружена только для относительных значений и была наиболее выражена на Уровне 6 ($\beta = 37{,}2$, $p < 0{,}001$): в утреннее время участники были склонны в большей степени останавливать движение после целевой зоны. Для уровней 1, 3, 4 и 5 наблюдалась аналогичная связь на уровне статистической значимости, однако она была менее выражена (Приложение С, табл. С8—14).

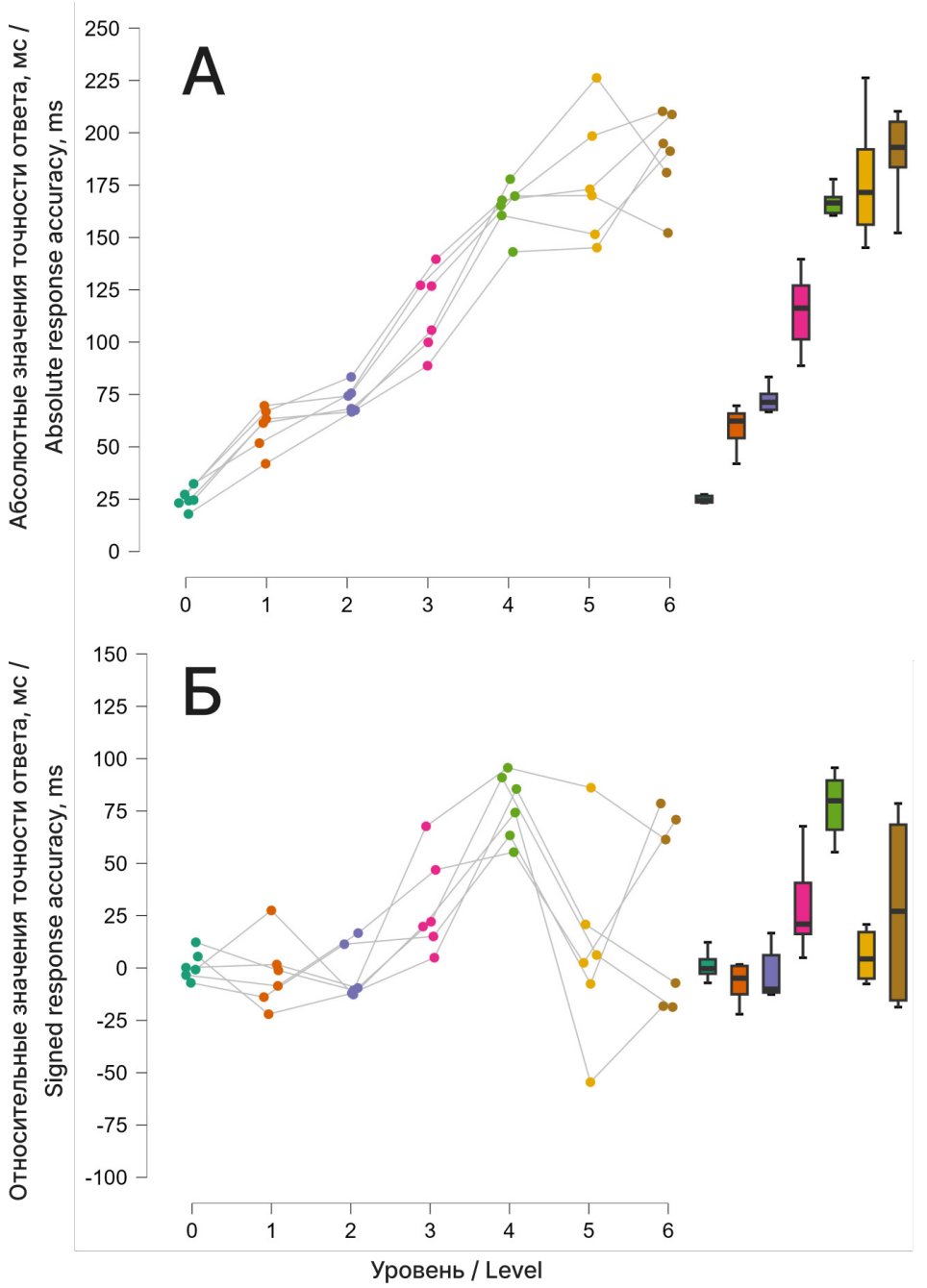


Рис. 2. Сравнение уровней теста по абсолютным (А) и относительным (Б) значениям точности ответов: точки на графике представляют собой данные одного участника, усредненные по всем прохождениям теста

Fig. 2. Comparison of test levels in terms of absolute (A) and signed (B) response accuracy. Each point represents an individual participant's data averaged across all test runs

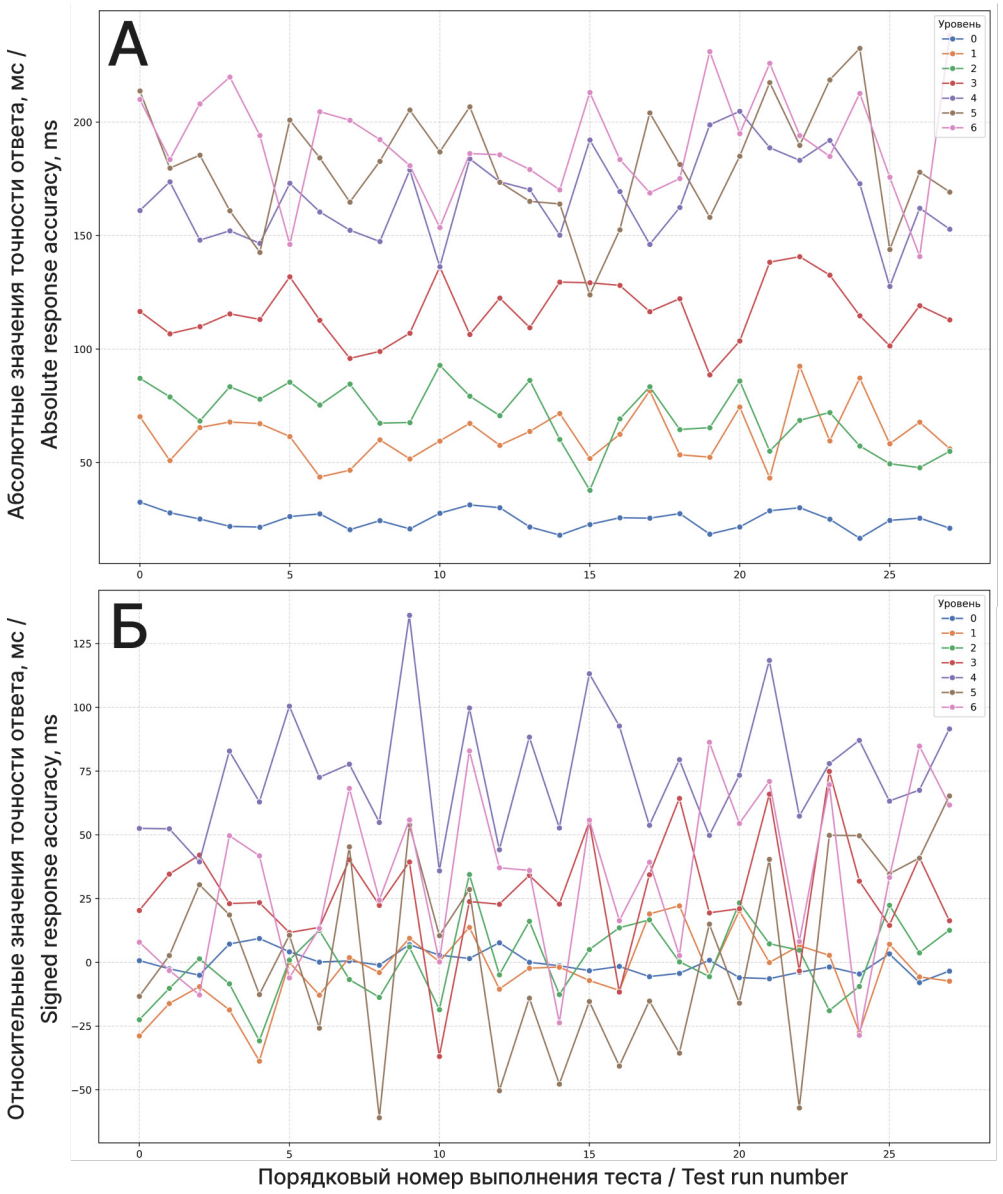


Рис. 3. Связь между увеличением количества прохождений теста с абсолютным (А) и относительным (Б) значениями точности ответа по каждому из уровней: точки на графике представляют собой данные, полученные путем усреднения по порядковому номеру прохождения теста

Fig. 3. Relationship between test run number and absolute (A) and signed (B) response accuracy at each level. Each point represents the mean response accuracy calculated for the corresponding test run number

Относительно роли обратной связи: не было обнаружено статистически значимых корреляций между относительной точностью ответа в предыдущей попытке (n-1) и точностью в последующей (n; рис. 4).

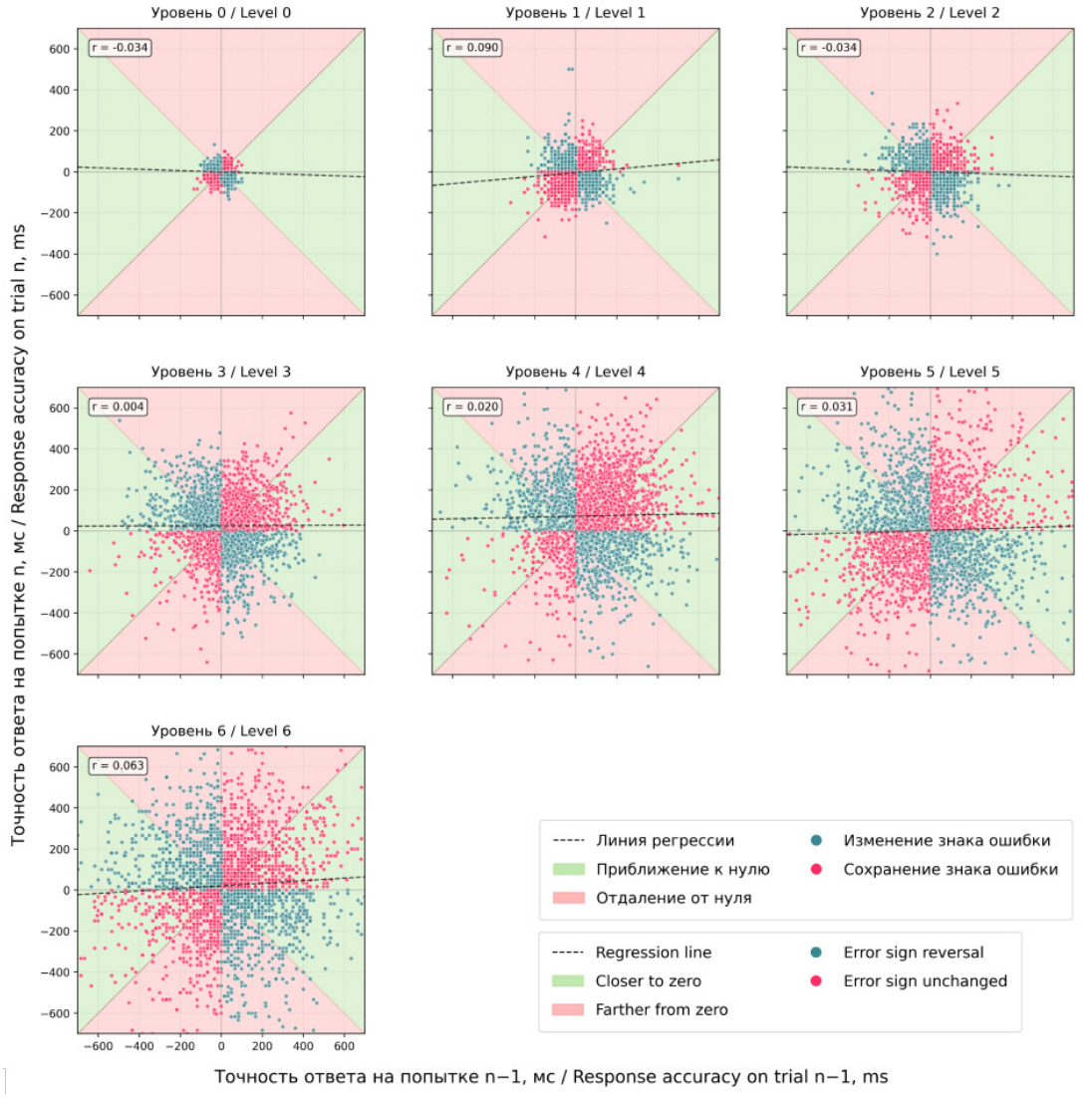


Рис. 4. Визуализация корректировки ответа в зависимости от точности на предыдущей попытке: приближение точности к нулю (идеальное попадание в целевую зону) отражает положительную корректировку ответа; r — значение коэффициента корреляции Пирсона

Fig. 4. Visualization of response correction as a function of response accuracy on the preceding trial: a shift toward zero (a perfect hit within the target zone) indicates a positive response correction; r — Pearson's correlation coefficient

При изучении вклада характеристик, варьируемых внутри уровней теста, была обнаружена статистически значимая связь относительной точности ответа с длительностью видимой и скрытой части пути, сложностью траектории и скоростью движения объекта (Приложение D). Результаты анализа по абсолютным значениям точности не представ-

лены, поскольку распределение остатков линейных моделей существенно отклонялось от нормального. Для визуализации результатов регрессионного анализа были построены графики Component-Component Plus Residual (CCPR), иллюстрирующие влияние каждого из предикторов на точность ответа при учете вклада других переменных (рис. 5).

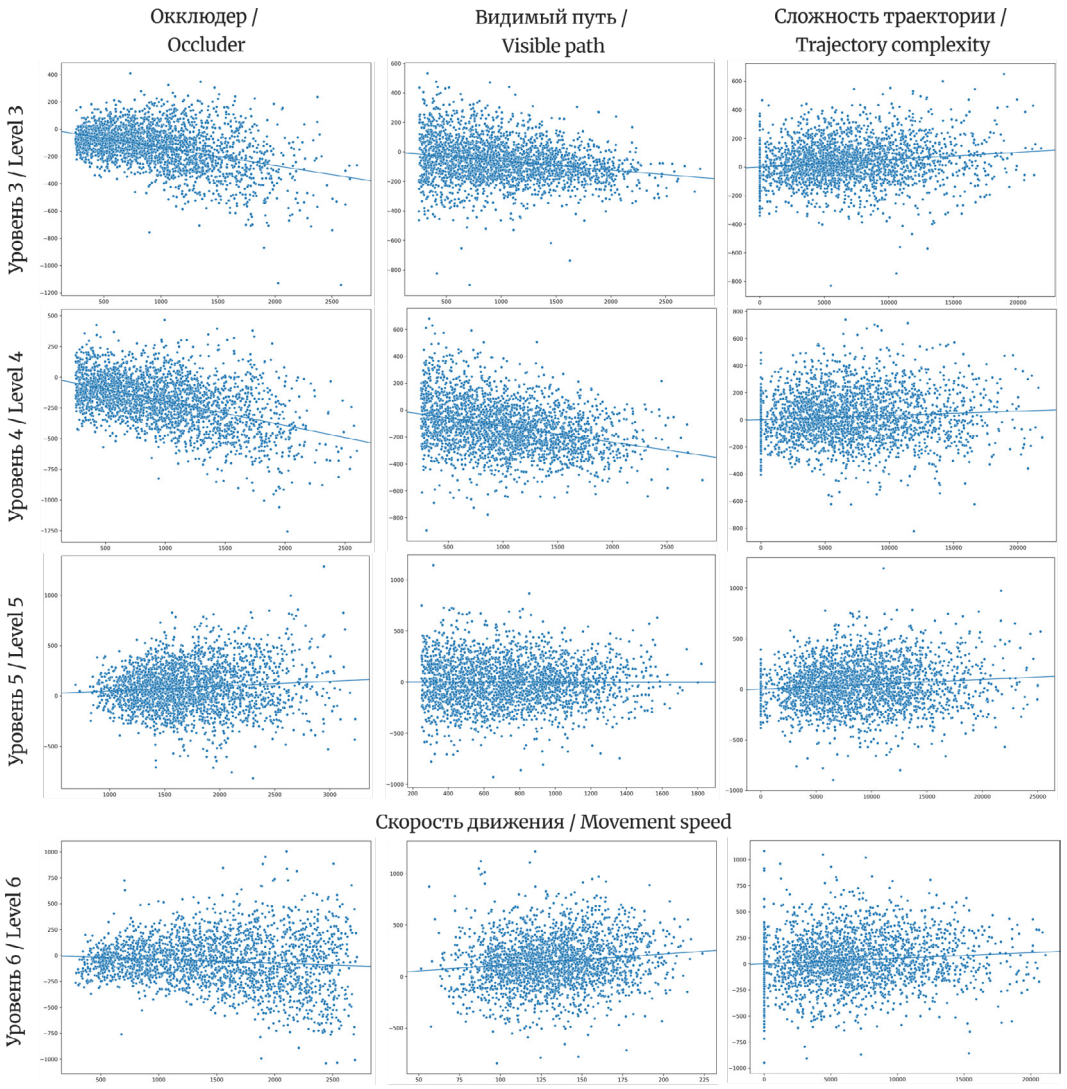


Рис. 5. Графики взаимосвязи предиктора и остатков регрессионной модели с добавлением вклада данного предиктора (CCPR): на осях Y представлены остатки регрессионной модели (ε) с возвратом вклада предиктора (ε + значение β-коэффициента × значение предиктора); на осях X представлено значение предиктора в единицах относительной точности ответа (мс)

Fig. 5. Component-Component Plus Residual (CCPR) plots illustrating the relationship between each predictor and the regression residuals with the predictor's contribution added back: The Y-axes show the regression residuals (ε) with the contribution of the corresponding predictor added back (ε + β coefficient × predictor value), while the X-axes show the predictor values expressed as signed response accuracy (ms)

Увеличение длительности скрытой части пути (окклюдера) было связано с более ранней остановкой движения для всех уровней теста (Уровень 3: $\beta = -0{,}133$, $p < 0{,}001$; Уровень 4: $\beta = -0{,}197$, $p < 0{,}001$; Уровень 6: $\beta = -0{,}037$, $p < 0{,}001$), за исключением Уровня 5, где наблюдалась обратная связь ($\beta = 0{,}049$, $p = 0{,}001$). Аналогичная связь наблюдалась при увеличении длительности видимой части пути для Уровня 3 ($\beta = -0{,}062$, $p < 0{,}001$) и Уровня 4 ($\beta = -0{,}119$, $p < 0{,}001$). На Уровне 5 значимая связь отсутствовала ($p = 0{,}941$). Для Уровня 6 данный параметр не был включен в модель по причине высокой корреляции с длительностью окклюдера.

Скорость движения объекта варьировалась только для Уровня 6. Увеличение скорости было значимо связано с более поздней остановкой движения ($\beta = 1{,}094$, $p < 0{,}001$). При увеличении сложности траектории на Уровнях 3—6 наблюдалась статистически значимая связь с более поздней остановкой движения ($p = \sim 0{,}001$).

Обсуждение результатов

В ходе проведенного исследования была проведена апробация серии модифицированных задач на оценку времени до контакта в условиях многократного выполнения задачи в течение нескольких дней. Ниже обсудим основные результаты.

Точность выполнения задачи в разных уровнях

Как и ожидалось, точность выполнения задачи изменялась от уровня к уровню. Абсолютная точность была максимальна для Уровня 0, в самом простом условии с полностью видимым движением. При введении окклюдера и сохранении прямой простой траектории абсолютная точность несколько снижалась (Уровень 1). Однако случайность положения окклюдера не влияла на точность выполнения задания: не было обнаружено значимых различий между Уровнями 1 и 2, хотя наблюдалась тенденция к ухудшению точности ответов (рис. 2, А). Это может говорить либо о минимальном эффекте этого фактора при простой и короткой траектории, либо об отсутствии значимого влияния стратегии отмеривания времени на точность выполнения задания, поскольку фиксированное время прохождения траектории позволяло заранее оценить время до контакта без необходимости следить за движением объекта.

При усложнении траектории абсолютная точность продолжала снижаться для Уровня 3, который также характеризовался достаточно большой межиндивидуальной вариативностью показателей точности ответа. Поскольку настоящая работа является апробацией экспериментальной задачи, отметим, что относительная точность, хотя и не уменьшилась на уровне статистической значимости, заметно снизилась для 2 из 6 участников исследования (рис. 2, Б). Для Уровня 4 (скрывающаяся траектория) относительная точность сместилась в сторону переоценки, а абсолютная точность выполнения теста ухудшилась, что можно связать со значимым влиянием стратегии прямого отслеживания, которую невозможно реализовать при скрытии траектории движения после первой секунды, реализованной на этом уровне.

Важно отметить, что введение другого типа ответа (Уровень 5) не привело к значимым изменениям в точности выполнения теста. Можно лишь отметить тенденцию к обратным эффектам в относительной точности (рис. 2, Б): если в ситуации остановки движения доминировала остановка после целевой зоны, то при необходимости указать на местоположение шарика в определенный момент времени происходило обратное — указание на положение шарика до целевой зоны. Данная тенденция соответствует модели отсчета времени: чем оно быстрее течет, тем человек раньше остановит шарик, и в то же время покажет его положение дальше по ходу движения в заданный интервал времени.

Примечательно, что при фиксированном времени прохождения пути по сложной траектории (Уровень 6) наблюдалось значимое снижение точности ответов в абсолютных значениях по сравнению с варьируемой длительностью движения (Уровень 3), при этом различий в относительных значениях точности не наблюдалось. Исходя из этого можно предположить, что стратегия отмеривания времени либо не использовалась участниками исследования в этом задании, а наблюдаемый эффект достигался за счет варьирования скорости движения (Уровень 6), либо приводила к снижению точности его выполнения. Это соотносится со значимым ухудшением выполнения теста при скрытии траектории движения. Таким образом, наше исследование скорее подтверждает важность механизма отслеживания движения для точности оценки времени до контакта, чем стратегии отмеривания времени, особенно на сложных траекториях, что в целом согласуется с результатами других исследований (DeLucia, Liddell, 1998).

Устойчивость показателей, научение и обратная связь

Одной из задач нашего исследования было изучение влияния научения на показатели точности выполнения задания. Было предположено, что даже небольшая, но регулярная тренировка способности экстраполировать движение будет способствовать улучшению выполнения теста. Однако эффект на учения отсутствовал, даже несмотря на то, что в нашем исследовании давалась обратная связь как способ повышения вовлеченности в процесс выполнения задачи и как более экологически валидный экспериментальный дизайн. Следует также отметить, что сама обратная связь не вносила вклад в корректировку ответов, что подтверждается отсутствием выраженной корреляционной связи с предыдущим ответом, а также отсутствием автокорреляции остатков линейных моделей. Иными словами, если участник останавливал движение значительно раньше времени в какой-либо попытке — в следующей попытке он не пытался скорректировать ответ (рис. 4).

Таким образом, не было выявлено улучшений в точности выполнения задачи по мере увеличения числа прохождений теста. Данный результат расходится с выводами недавнего метаанализа, выявившего положительный эффект улучшения навыков антиципации в различных видах спорта на основе видеотренировки (Müller et al., 2024). Однако данное расхождение может быть объяснено различием в вовлеченных механизмах прогнозирования. Антиципация дополнительно включает оценку контекстуальных факторов, таких как позиция и положение тела соперника (Morris-Binelli, Müller, 2017). В этом случае эффект научения может проявляться за счет совершенствования способности быстро извлекать и использовать ключевые сигналы из зашумленного визуального потока информации. В данном исследовании была использована парадигма, которая исключает необходимость учета сложного контекстуального компонента и сводится к оценке способности экстраполяции движения.

Также следует отметить, что у участников нашего исследования не было какой-то особенной мотивации улучшить свои показатели выполнения теста, как часто бывает при тренировке спортсменов, т. к. за лучшее выполнение задания им не обещали какого-либо вознаграждения. С одной стороны, это позволило нам оценить аспекты чисто имплицитного научения, однако не позволяет нам утверждать, что даже такое малое число повторений не дало бы значимого эффекта при усиленной мотивации к достижению лучшего результата. Также в целом, особенно для первых уровней теста, наблюдалась достаточно высокая точность выполнения заданий, поэтому, возможно, для более сложных вариаций теста эффект также мог бы быть обнаружен.

Эффект влияния времени суток на точность выполнения задания

В ряде исследований было продемонстрировано, что восприятие времени может быть подвержено суточным колебаниям (Kuriyama et al., 2003; Aschoff, 1998). При этом продуцируемый временной интервал сокращался от утреннего времени к вечернему, демонстрируя отрицательную корреляцию с температурой тела как маркером циркадного ритма.

Однако нами не было обнаружено существенных различий между утренним и вечерним временем суток, за исключением одного из уровней. Так, анализ относительных значений точности выявил тенденцию останавливать движение позже в утреннее время для уровней 1, 3—6, однако данная связь имела крайне слабый эффект (18—37 мс). Для показателя абсолютной точности ответа значимых различий не выявлено.

Примечательно, что влияние суточных колебаний на процессы восприятия времени было обнаружено при использовании задач на продуцирование временного интервала (Kuriyama et al., 2003; Aschoff, 1998). Можно предположить, что суточные колебания влияют на временные оценки в том случае, если они в значительной степени зависят от внутреннего чувства времени. В отличие от этого, в задаче на экстраполяцию движения длительность вычисляется с опорой на внешние, объективные параметры (скорость движения, расстояние), что может делать ее менее подверженной суточным колебаниям. Однако эти предположения требуют дальнейшего изучения.

Характеристики стимулов и точность выполнения задачи

Наше исследование также подтвердило зависимость точности выполнения задачи оценки времени до контакта от таких характеристик стимулов, как длительность окклюдера, сложность траектории и скорость движения.

Увеличение длительности окклюдера приводило к более ранней остановке движения (недооценке длительности движения). Для Уровня 4 (условие с запоминанием траектории) эффект был более выражен (β = -0,197 по сравнению с β = -0,133 в Уровне 3 и β = -0,037 в Уровне 6). Полученный результат в целом согласуется с данными предыдущих исследований, в которых показано, что при коротком окклюдере наблюдается переоценка длительности движения (Bennett et al., 2010), а при более продолжительной длительности окклюдера, напротив, длительность движения недооценивается (Manser, Hancock, 1996). Большая выраженность эффекта в ситуации, где траектория исчезала с экрана, можно связать с большей сложностью данной задачи, что привело к усилению наблюдаемого эффекта. Для Уровня 5 (условие с выбором точки остановки движения на траектории) наблюдалась обратная и менее выраженная связь (β = 0,049). Этот эффект также подтверждает связь выполнения теста на экстраполяцию движения с внутренней скоростью течения времени: если время течет быстрее, то участник остановит движение объекта раньше, но при этом укажет его положение уже после целевой зоны при измененном типе ответа.

Увеличение длительности видимой части пути для уровней 3 и 4 также было связано с более ранней остановкой движения. Причина может быть в том, что для этих уровней наблюдалась несколько более поздняя остановка движения, а увеличение длительности видимой части пути помогало останавливать шарик с большей точностью. Эти данные в целом соответствуют и тому, что известно из литературы (Peterken et al., 1991; Sokolov et al., 1997).

При увеличении сложности траектории на уровнях 3—6 наблюдалась статистически значимая связь с более поздней остановкой движения. Этот результат можно также интерпретировать через модель отсчета времени. Известно, что при увеличении когнитивной на-

грузки восприятие времени замедляется, что будет способствовать более поздней остановке движения шарика при более сложной траектории.

Увеличение скорости на Уровне 6 было связано с более поздней остановкой движения, что также согласуется с результатами других исследований (Tong, Zhou, 2024).

Заключение

В рамках данного исследования была разработана и апробирована комплексная экспериментальная задача, направленная на оценку различных факторов, влияющих на механизм экстраполяции движения.

При решении задач на оценку времени до контакта выделяют стратегию когнитивной экстраполяции движения и стратегию отсчета заранее оцененного времени (Makin, 2018; DeLucia, Liddell, 1998). На пилотной выборке было продемонстрировано, что при фиксированном времени прохождения пути по сложной траектории наблюдалось снижение точности ответов по сравнению с варьируемым временем прохождения (сравнение Уровней 3 и 6). С другой стороны, предсказуемость окклюзии не вносила значимого вклада в выполнение задачи при простой траектории с фиксированным временем прохождения (Уровни 1—2). Можно предположить, что стратегия отмеривания времени либо используется избирательно и зависит от сложности извлечения закономерностей во времени движения, либо не приводит к улучшению точности выполнения задачи.

Усложнение задачи при использовании сложных траекторий привело к значимому снижению абсолютной точности ответов. Выраженное ухудшение как абсолютной, так и относительной точности отмечалось на Уровне 4, при сокрытии траектории движения, что позволяет предположить важность стратегии отслеживания траектории для успешности выполнения теста.

Несмотря на предъявление обратной связи, не было обнаружено статистически значимых изменений точности по мере увеличения повторных прохождений теста. Предположительно, непосредственно навык экстраполяции движения в меньшей степени поддается тренировке по сравнению с антиципацией (Müller et al., 2024), которая, в свою очередь, является более сложным и многокомпонентным феноменом.

Таким образом, даже на ограниченной пилотной выборке были получены содержательные результаты, касающиеся стратегий решения задачи, что указывает на перспективность методики и дает основание для ее дальнейшего развития. В качестве перспектив дальнейшего развития методики в первую очередь стоит отметить повышение статистической мощности исследования путем увеличения выборки участников. С целью более чистого сравнения уровней с фиксированным и случайным временем прохождения пути возможно варьировать длину траектории при сохранении единой скорости движения. Также может быть информативным включение длительности окклюдера в качестве фактора с несколькими уровнями, поскольку она оказывает существенное влияние на точность ответов (Battaglini, Ghiani, 2021). Помимо этого, более полную информацию об используемых стратегиях при решении задач может дать регистрация глазодвигательной активности, а также опрос участников о применяемых стратегиях.

Ограничения. Основным ограничением данного исследования является небольшой размер выборки (n = 6), а также неравномерное количество прохождений теста среди участников (M = 21,83, SD = 8,21). По этой причине полученные результаты, в том числе

отсутствие значимых эффектов, следует рассматривать как предварительные и требующие дальнейшей проверки на выборке с большим числом участников. Кроме того, по сравнению с другими исследованиями, количество попыток, отводимых на однократное прохождение задания, было сравнительно небольшим. Алгоритм генерации траекторий для Уровней 3—6 вносил развороты отрезков только при достижении края поля, что являлось отклонением от первоначального дизайна эксперимента и несколько упрощало траектории. Однако метрика сложности траекторий адекватно описывает данную особенность генерации.

Limitations. The main limitations of this study are the small sample size (n = 6) and the unequal number of test runs completed by participants (M = 21,83, SD = 8,21). Therefore, the findings, including the absence of statistically significant effects, should be considered preliminary and require further validation in a larger sample. In addition, the number of trials per task run was relatively small compared with previous studies. For Levels 3—6, the trajectory generation algorithm introduced turns only when the trajectories reached the edges of the field. This deviated from the original experimental design and resulted in somewhat simpler trajectories. Nevertheless, the trajectory complexity metric adequately captures this feature of the generation procedure.

Список источников / References

1. Крушинский, Л.В. (1993). Изучение экстраполяционных рефлексов. В: *Проблемы поведения животных: Избранные труды* (с. 63—74). М.: Наука.
Krushinsky, L.V. (1993). The study of extrapolation reflexes. In: *Problems of animal behavior: Selected works* (pp. 63—74). Moscow: Nauka. (In Russ.).
2. Alsharji, K.E., Wade, M.G. (2016). Perceptual training effects on anticipation of direct and deceptive 7-m throws in handball. *Journal of Sports Sciences, 34*(2), 155—162. https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1039463
3. Aschoff, J. (1998). Human Perception of Short and Long Time Intervals: Its Correlation with Body Temperature and the Duration of Wake Time. *Journal of Biological Rhythms, 13*(5), 437—442. https://doi.org/10.1177/074873098129000264
4. Battaglini, L., Campana, G., Camilleri, R., Casco, C. (2015). Probing the involvement of the earliest levels of cortical processing in motion extrapolation with rapid forms of visual motion priming and adaptation. *Attention, Perception, & Psychophysics, 77*(2), 603—612. https://doi.org/10.3758/s13414-014-0795-z
5. Battaglini, L., Ghiani, A. (2021). Motion behind occluder: Amodal perception and visual motion extrapolation. *Visual Cognition, 29*(8), 475—499. https://doi.org/10.1080/13506285.2021.1943094
6. *Brain_and_psyche / TTC_MovingBall · GitLab.* (2025). GitLab. Retrieved December 4, 2025. URL: https://gitlab.sirius-web.org/brain_and_psyche/ttc_movingball
7. *Build cross-platform desktop apps with JavaScript, HTML, and CSS* | Electron. (n.d.). Retrieved December 4, 2025. URL: https://electronjs.org/
8. Chang, C.-J., Jazayeri, M. (2018). Integration of speed and time for estimating time to contact. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 115*(12). https://doi.org/10.1073/pnas.1713316115
9. DeLoss, D.J., Bian, Z., Watanabe, T., Andersen, G.J. (2015). Behavioral training to improve collision detection. *Journal of Vision, 15*(10), 2. https://doi.org/10.1167/15.10.2
10. DeLucia, P.R., Liddell, G.W. (1998). Cognitive motion extrapolation and cognitive clocking in prediction motion tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24*(3), 901—914. https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.901
11. Gottsdanker, R.M. (1952a). Prediction-motion with and without vision. *The American Journal of Psychology, 65*(4), 533—543.
12. Gottsdanker, R.M. (1952b). The accuracy of prediction motion. *Journal of Experimental Psychology, 43*(1), 26—36. https://doi.org/10.1037/h0062840
13. Kuriyama, K., Uchiyama, M., Suzuki, H., Tagaya, H., Ozaki, A., Aritake, S., Kamei, Y., Nishikawa, T., Takahashi, K. (2003). Circadian fluctuation of time perception in healthy human subjects. *Neuroscience Research, 46*(1), 23—31. https://doi.org/10.1016/S0168-0102(03)00025-7

14. Landwehr, K., Brendel, E., Hecht, H. (2013). Luminance and contrast in visual perception of time to collision. *Vision Research*, 89, 18—23. https://doi.org/10.1016/j.visres.2013.06.009
15. Makin, A.D.J. (2018). The common rate control account of prediction motion. *Psychonomic Bulletin & Review, 25*(5), 1784—1797. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1403-8
16. Makin, A.D.J., Poliakoff, E. (2011). Do Common Systems Control Eye Movements and Motion Extrapolation? *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 64*(7), 1327—1343. https://doi.org/10.1080/17470218.2010.548562
17. Manser, M. P., & Hancock, P. A. (1996). Influence of Approach Angle on Estimates of Time-To-Contact. *Ecological Psychology*, *8*(1), 71–99. https://doi.org/10.1207/s15326969eco0801_4
18. Morris-Binelli, K., Müller, S. (2017). Advancements to the understanding of expert visual anticipation skill in striking sports. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement, 49*(4), 262—268. https://doi.org/10.1037/cbs0000079
19. Müller, S., Morris-Binelli, K., Hambrick, D.Z., Macnamara, B.N. (2024). Accelerating Visual Anticipation in Sport Through Temporal Occlusion Training: A Meta-Analysis. *Sports Medicine, 54*(10), 2597—2606. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02073-6
20. Peterken, C., Brown, B., & Bowman, K. (1991). Predicting the Future Position of a Moving Target. *Perception*, *20*(1), 5–16. https://doi.org/10.1068/p200005
21. Sokolov, A., Pavlova, M. (2003). Timing Accuracy in Motion Extrapolation: Reverse Effects of Target Size and Visible Extent of Motion at Low and High Speeds. *Perception, 32*(6), 699—706. https://doi.org/10.1068/p3397
22. Tresilian, J.R. (1995). Perceptual and cognitive processes in time-to-contact estimation: Analysis of prediction-motion and relative judgment tasks. *Perception & Psychophysics, 57*(2), 231—245. https://doi.org/10.3758/BF03206510
23. Tresilian, J.R. (1999). Visually timed action: time-out for 'tau'? *Trends in Cognitive Sciences, 3*(8), 301—310. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01352-2
24. Tong, Y., Zhou, T. (2024). The effect of background information and motion speed on the performance of TTC estimation. *BMC Psychology, 12*(1), 17. https://doi.org/10.1186/s40359-023-01502-x

Приложение / Appendix

Приложение А. Описание алгоритма генерации траекторий и метода оценки их сложности

Appendix A. Description of the trajectory generation algorithm and the method for assessing their complexity

https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

Приложение В. Результаты пост-хок анализа между уровнями теста

Appendix B. Post-hoc analysis results between test levels

https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

Приложение С. Результаты регрессионного анализа с оценкой эффекта научения и влиянием части дня

Appendix C. Results of the regression analysis with the learning effect and the influence of day part

https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

Приложение D. Результаты регрессионного анализа по отдельным попыткам с оценкой вклада характеристик, варьируемых внутри уровней теста

Appendix D. Results of the regression analysis for individual trials, assessing the contribution of characteristics varying within test levels

https://doi.org/10.17759/exppsy.2026190312

Информация об авторах
Евгений Геннадьевич Мачнев, аспирант, младший научный сотрудник, Научный центр педагогики развития таланта, Научно-технологический университет «Сириус» (АНОО ВО «Университет Сириус»), Сириус, Российская Федерация, ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3881-6029, e-mail: rainn34564@gmail.com
Игорь Вячеславович Дорошук, магистрант, Научный центр генетики и наук о жизни, Научно-технологический университет «Сириус» (АНОО ВО «Университет Сириус»), Сириус, Российская Федерация, ORCID: https://orcid.org/0009-0005-2768-1875, e-mail: igordoroshuk94@gmail.com
Ольга Владимировна Сысоева, кандидат психологических наук, руководитель научного направления «Развитие человека: мозг и психика», Научный центр педагогики развития таланта, Научно-технологический университет «Сириус» (АНОО ВО «Университет Сириус»), Сириус, Российская Федерация; ведущий научный сотрудник лаборатории высшей нервной деятельности человека, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (ФГБУН ИВНДиНФ РАН), Москва, Российская Федерация, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4005-9512, e-mail: olga.v.sysoeva@gmail.com

Information about the authors
Evgeniy G. Machnev, graduate student, Junior Researcher, Research Center for Pedagogy of Talent Development, Sirius University of Science and Technology, Sirius, Russian Federation, ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3881-6029, e-mail: rainn34564@gmail.com
Igor V. Doroshuk, Master's Degree Student, Research Center for Genetics and Life Sciences, Sirius University of Science and Technology, Sirius, Russian Federation, ORCID: https://orcid.org/0009-0005-2768-1875, e-mail: igordoroshuk94@gmail.com
Olga V. Sysoeva, PhD in Psychology, Head of the scientific direction "Human Development: Brain and Psyche", Research Center for Pedagogy of Talent Development, Sirius University of Science and Technology, Sirius, Russian Federation; Leading Researcher of the Laboratory of Human Higher Nervous Activity, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4005-9512, e-mail: olga.v.sysoeva@gmail.com

Вклад авторов
Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.

Contribution of the authors
All authors participated in the discussion of the results and approved the final text of the manuscript.

Конфликт интересов
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest
The authors declare no conflict of interest.

Декларация об этике
Исследование было рассмотрено и одобрено Этическим комитетом АНОО ВО «Университет «Сириус» (03.09.2025).

Ethics statement
The study was reviewed and approved by the Ethics Committee of Sirius University of Science and Technology (2025/09/03).

Поступила в редакцию 06.12.2025 — Received 2025.12.06
Поступила после рецензирования 06.06.2026 — Revised 2026.06.06
Принята к публикации 02.09.2026 — Accepted 2026.09.02
Опубликована 30.09.2026 — Published 2026.09.30