



РЕГИСТРАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ И КОГНИТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ КАК МЕТОДЫ ОБЪЕКТИВАЦИИ ПРОЦЕССА ИНСАЙТНОГО РЕШЕНИЯ

ВЛАДИМИРОВ И.Ю.*, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова,
Ярославль, Россия,
e-mail: kein17@mail.ru

ЧИСТОПОЛЬСКАЯ А.В.**, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова,
Ярославль, Россия,
e-mail: chistosasha@mail.ru

В статье излагаются результаты исследования механизмов специфического протекания инсайтного решения на основе анализа данных записи движения глаз. Оцениваются такие показатели, как величина раскрытия зрачка и длительность фиксации взора, анализируется распределение средних показателей движения глаз по зонам интереса в работе с задачным пространством. Данные о движении глаз сопоставляются с данными методики когнитивного мониторинга. Доказана специфичность протекания инсайтного решения по сравнению с неинсайтным (вычислением по алгоритму), выявлены качественные особенности решения инсайтных задач и организации задачного пространства. Выявлено, что при решении инсайтного типа задач особое значение приобретает работа наблюдающего субъекта с визуально представленными данными, о чем свидетельствует тенденция к возрастанию длительности фиксаций в области задачи.

Ключевые слова: величина раскрытия зрачка, длительность фиксаций, ай-трекинг, инсайтная задача, рабочая память, когнитивный мониторинг задание-зонд, микродинамика, конкуренция за ресурс.

Введение

В современной психологии решения задач открытым остается вопрос о правомерности выделения инсайтных задач в особый вид когнитивной деятельности и наличии специфического вида решения — инсайтного. С точки зрения представителей первого подхода (Duncker, 1965; Metcalfe, Wiebe, 1987; Seifert et al., 1995), инсайтное решение является специфическим когнитивным процессом. Представители второго подхода (Newell, Simon, 1972; Weisberg, Alba, 1981) отрицают специфичность инсайтных задач относительно неинсайтных (алгоритмизированных, вычислительных, комбинаторных), полагая, что любая задача может быть сведена к алгоритму (см.: Владимиров, Коровкин, 2014).

Для цитаты:

Владимиров И.Ю., Чистопольская А.В. Регистрация движений глаз и когнитивный мониторинг как методы объективации процесса инсайтного решения // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 1. С. 167—179. doi:10.17759/exppsy.2019120113

* Владимиров Илья Юрьевич, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова, Ярославль, Россия. E-mail: kein17@mail.ru

** Чистопольская Александра Валерьевна, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии, Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова, Ярославль, Россия. E-mail: chistosasha@mail.ru



В психологии мышления, в общем, и в теории решения инсайтных задач, в частности, фактически отсутствуют данные, позволяющие получить ясное представление о микродинамике мыслительного процесса, в том числе решения инсайтных задач. Как правило, исследования по данной теме носят эксплораторный, феноменологический характер и не ставят перед собой задачи выявления механизмов когнитивной деятельности. Существующие же экспериментальные исследования, как правило, обходят стороной вопрос актуалгенеза решения как инсайтных, так и неинсайтных задач и используют либо методы distraction (см.: Владимиров, Коровкин, 2014), либо предварительной интервенции (создание эмоционального фона, создание эффекта установки и др.) (Люсин, 2014). Или же исследования выполняются в парадигме дифференциальной психологии (Hambrick, Engle, 2003).

Имеющийся методический арсенал позволяет раскрыть содержательную, структурную специфику инсайтных процессов, но имеет существенные ограничения при вскрытии динамики инсайтного процесса.

Наиболее известными методами исследования динамики является анализ протоколов мышления вслух, разработанный К. Дункером, и анализ движения испытуемого по дереву решений, используемый в работах А. Ньюэлла и Г. Саймона (Newell, Simon, 1972). Однако ведение протоколов решения задач предполагает одновременное мышление вслух, что, в свою очередь, влияет на процесс решения и возникновение инсайта в том числе. Кроме того, анализ протоколов обладает низкой «частотой опроса»: за пределами анализа остается вопрос микродинамики процесса решения. Анализ движения по дереву решений, в свою очередь, навязывает интерпретационную схему априори: предполагается, что решение любой задачи есть последовательное перемещение между соседними репрезентациями. Из методов, которые позволяют вскрыть микродинамику процесса решения, следует выделить метод когнитивного мониторинга и ай-трекинг. Метод мониторинга основывается на модели единого ресурса Д. Канемана и предполагает параллельное решение двойной задачи. Динамика загруженности ресурса основной задачи определяется продуктивностью выполнения вторичного задания. Падение продуктивности в конкретный момент времени говорит о том, что ресурс в данный момент используется основной задачей.

Именно метод мониторинга для исследования динамики мыслительного процесса ранее использовался в работах нашего коллектива. В частности, было установлено, что показатели выполнения задания-зонда действительно отражают степень загруженности рабочей памяти и являются показателями мыслительного процесса при решении основной задачи; а также показано, что процесс решения инсайтных задач специфичен по сравнению с решением по алгоритму: при решении неинсайтных задач наблюдается большее время реакции (далее — ВР) на задание-зонд при меньшем количестве ошибок; при решении инсайтных задач наблюдается меньшее ВР на задание-зонд при большем количестве ошибок. Было показано, что в решении инсайтных задач подчиненные системы оказывают большее влияние, особенно при работе с визуальным типом информации (Владимиров, Коровкин, Чистопольская, Савинова, 2013).

Однако метод имеет и существенные ограничения, основным из которых являются низкие возможности содержательной интерпретации выявленной динамики. Для получения более полной картины необходимо сопоставление данных, полученных с помощью мониторинга, с данными, полученными в результате другого метода. В качестве такого метода может использоваться метод ай-трекинга или записи параметров движения глаз. Данные ай-трекинга позволяют объективировать мыслительный процесс и проверить валидность



используемого метода — мониторинга, а также получить феноменологический материал относительно инсайтного решения и организации задачного пространства, не влияя на процесс решения.

Первым, кто рассматривал возможность сопоставления данных, полученных с помощью двух указанных методов, был Д. Канеман. Совместно с коллегами он провел цикл работ, направленных на проверку предположения о тесной связи активации с умственным усилием, и пришел к выводу, что одним из самых надежных показателей динамики умственного усилия является изменение величины раскрытия зрачка. Этот вывод он сделал на основании сопоставительного анализа данных о величине раскрытия зрачка с данными мониторинга (наблюдается значимая корреляция диаметра (величины раскрытия) зрачка с продуктивностью решения вторичной задачи). Важнейшим результатом своих экспериментов Д. Канеман считает наличие корреляции параметров диаметра зрачка с продуктивностью решения вторичной задачи и делает вывод о том, что зрачок отражает динамику умственного усилия, вкладываемого в основную задачу (Kahneman, 1973).

В работе Дж. Эллис (Ellis, 2012) приводится обзор исследований в области психологии решения задач, в которых в качестве одного из методов фиксации познавательной активности испытуемого используется ай-трекинг. Цитируются эксперименты, посвященные как изучению влияния когнитивных процессов на движение глаз, Г. Джонса (Jones, 2003), Г. Кноблиха (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001), Е.М.Лаптева (Лаптева, 2016), так и обратному влиянию движения глаз на когнитивные процессы в экспериментах Э. Грант и М. Спайви, Л. Томас и А. Льераса (Grant, Spivey, 2003; Thomas, Lleras, 2007).

Фактически первой работой в данной парадигме является исследование Г. Кноблиха и коллег, в котором фиксировались движения глаз участников, решавших арифметические задачи. Задачи представляли собой выложенные из спичек математически некорректные утверждения (неверные равенства), записанные римскими цифрами. Требовалось посредством перемещения одной спички сделать равенство верным (например, изменением $IV = III + III$ до $VI = III + III$; изменение $III = III + III$ в $III = III = III$; изменение $XI = III + III$ до $VI = III + III$). При этом вторая и третья задачи являются как бы «инсайтными», поскольку предполагают разбиение на чанки или ослабление строгости правил оперирования с элементами. Было показано, что у испытуемых, решивших инсайтные задачи, на последнем этапе возрастает доля длительных фиксаций, в то время как у нерешивших такой закономерности не наблюдается. Авторы интерпретируют прирост длительных фиксаций у успешных испытуемых как переструктурирование ими поля задачи. По Г. Кноблиху, длительность фиксации является показателем, характеризующим глубину когнитивной обработки визуальной информации (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001).

Таким образом, в рассмотренных работах используются два основных параметра ай-трекинга: длительность фиксации в качестве показателя процесса перекодировки информации в рабочую память и величина раскрытия зрачка в качестве показателя степени умственного усилия. В нашем исследовании мы используем комплексный подход, подвергая анализу оба параметра. Кроме того, мы сопоставляем данные о параметрах движения глаз с параметрами когнитивного мониторинга, полученными нами в данной и предыдущих экспериментальных сериях.

Таким образом, основной целью данного исследования является доказательство специфичности процесса инсайтного решения и описание его особенностей на основе анализа данных движения глаз в соотнесении с данными когнитивного мониторинга.



Гипотезы

1. Существует качественная специфика протекания инсайтного решения относительно неинсайтного, заключающаяся в большем фокусировании наблюдающего на работе с внешней презентацией задачи непосредственно в процессе решения;
2. Данные мониторинга и ай-трекинга сопоставимы и отражают различные стороны единой познавательной активности, осуществляемой испытуемым в процессе решения мыслительных задач.

Методика

Методическим решением анализа динамики процесса решения выступает мониторинговая методика использования двойной задачи-зонда (Kahneman, 1973; Владимиров, Коровкин, Чистопольская, Савинова, 2013), которая предполагает наличие некой первичной мыслительной задачи и параллельно выполняемого темпового задания (выбор из двух альтернатив). Фиксируются время реакции выбора из двух альтернатив для каждого предъявления задания-зонда и количество ошибок в выполнении второго задания. Динамика скорости и качества выполнения зонда служит маркером загруженности рабочей памяти (далее — РП) операциями, задействованными в основной задаче.

Микродинамика и актуалгенез протекания процесса решения задачи анализируется с помощью регистрации их физиологических коррелятов — движения глаз (длительность фиксаций, величина раскрытия зрачка) — ай-трекинга.

Варьировался тип основной задачи (инсайтная или неинсайтная), ведущий формат репрезентации основной задачи (образный, либо вербальный). Аналогично варьировался и тип зонда. Требовалось либо определять тип угла (тупой—острый) — образный формат, либо определять тип слога (открытый—закрытый) — вербальный формат. Предполагается, что совпадение формата зонда и основной задачи создает конкуренцию за ресурсы внимания и сказывается на динамике выполнения задания-зонда. Регистрируются показатели длительности фиксаций и величины раскрытия зрачка. Также вся рабочая область размечается на следующие зоны интереса (АОИ): «выбросы» — взгляд на клавиатуре или область, выходящая за пределы непосредственно поля задания; «монитор» — область предъявления задания-зонда (слоги, углы); «задача» — область предъявления основной мыслительной задачи. Каждая фиксация в результате ручной разметки относится к той или иной зоне. Далее проводится сравнительный анализ распределения показателей движения глаз по указанным зонам интереса.

Исследование было выполнено с помощью ай-трекера SMI ETG (SMI Eyetracking glasses) на основе очков (частота опроса 30 Гц). Экспозиция стимульного материала осуществлялась на мониторе ПК диагональю 17 дюймов на расстоянии около 60 см.

Использование данного оборудования объяснялось тем, что в первоначальной модели исследования предполагался анализ показателей глазодвигательной активности в зоне АОИ «выбросы» за пределами экрана, а также необходимостью проведения сравнительного анализа результатов данной серии с результатами экспериментальных серий, в которых оценивались показатели глазодвигательной активности испытуемых при решении визуальных задач. Анализ движений глаз при решении такого рода задач требует использования мобильных систем трекинга взора. Экспериментальный экран с примером разметки траектории движения глаз представлен на рис. 1. Разметка осуществлялась вручную с точностью до зоны интереса. Зона АОИ «выбросы» располагается в правом нижнем углу экрана, хотя



к выбросам, как уже упоминалось, относились взгляды на клавиатуру компьютера. В качестве алгоритма детекции фиксаций использовался «вшитый» в программное обеспечение производителя алгоритм, основанный на пороговой дисперсии (Dispersion Thershlood Identification, I-DT), который применяется при обработке данных, записанных с низкой частотой. В алгоритме присутствуют два параметра настройки: минимальная длительность фиксации и пороговая дисперсия. Фиксациями считаются фрагменты данных, длительность которых не меньше минимально заданной величины, а дисперсия не превышает значения максимального порога (Барabanщиков, Жегалло, 2013).

Динамика измеряемых параметров оценивалась с помощью расчета усредненных этапов, аналогично технике, применяемой Г. Кноблихом и коллегами (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001). Каждое решение делилось на n равных промежутков (в исследовании Кноблиха и коллег — на три, в нашей предыдущей работе — десять (Владимиров, Коровкин, Чистопольская, Савинова, 2013)). Каждое событие (фиксация) помечалось как относящееся к определенному этапу. Предварительный анализ трекерных данных показал, что разметка на десяти промежутках представляется избыточной. В этом случае наблюдаются промежутки, где отсутствуют фиксации на задаче (в начале решения) и на задании-зонде (в конце решения). Поэтому мы решили остановиться на разбиении процесса решения задачи на три этапа аналогично процедуре, использованной в исследованиях Г. Кноблиха.

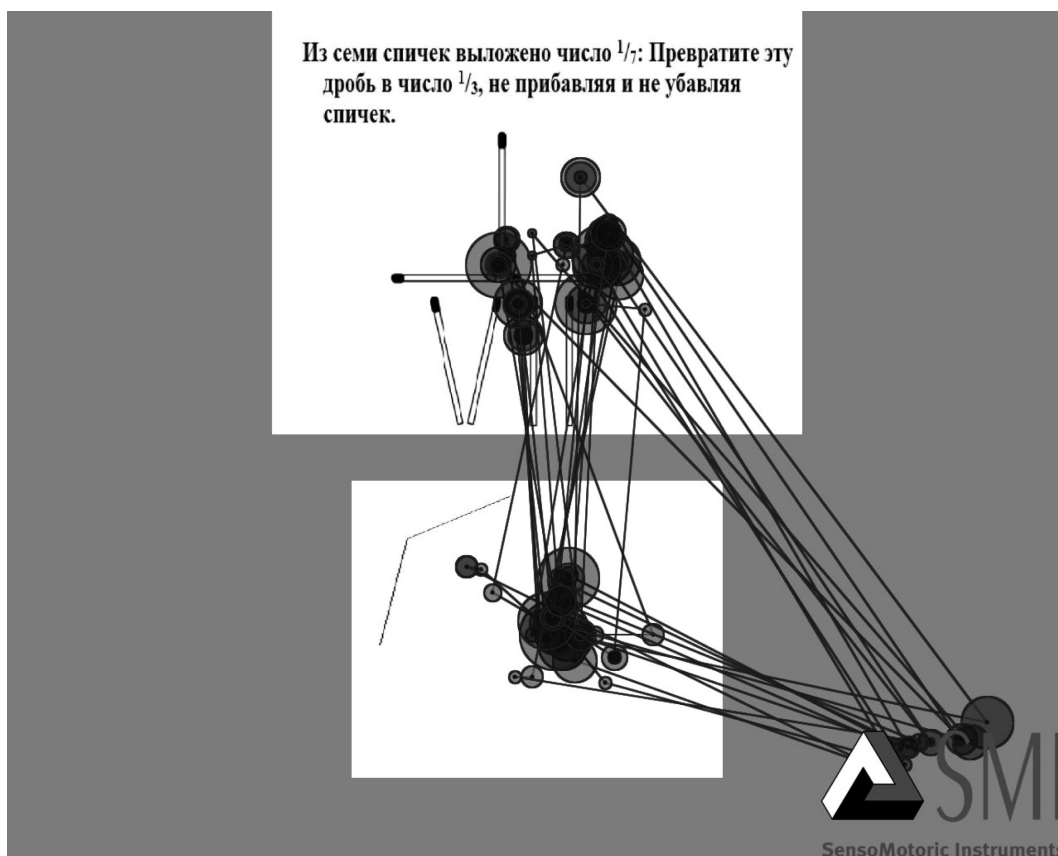


Рис. 1. Пример экспериментального экрана с разметкой траектории движения глаз по зонам интереса



Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что активизация глазодвигательной деятельности в зоне «выброс» происходила только на первом этапе решения задачи. Данные фиксации мы интерпретировали как эффект вхождения в работу, не связанный со спецификой инсайтного решения, и в дальнейшем исключили из анализа эти данные. Из анализа исключались также данные, при которых общее время решения задачи < 30 с, и данные, где отдельное ВР на зонд > 5 с. В качестве события, которое анализируется как единичное, были выбраны параметры единичной фиксации (величина раскрытия зрачка и длительность фиксации). Такой выбор является одним из двух основных вариантов выделения единицы анализа наряду с парадигмой «пребываний» (dwells) (Grant, Spivey, 2003; Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001; Wong, 2009 и др.). Из анализа данных по длительности исключались фиксации короче 100 мс (связанные с ориентировочным поведением, но не с перекодированием информации в рабочую память (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001)) и длиннее 2000 мс как превышающие временной порог адаптации зрительного анализатора. Анализ данных по критерию Колмогорова—Смирнова показал, что распределение в анализируемых массивах данных значимо не отличается от нормального распределения, а следовательно, возможно применение параметрических статистических методов. В качестве основного метода анализа данных использовались однофакторный и многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA и MANOVA).

Статистические гипотезы были сформулированы и сгруппированы следующим образом:

— в результате анализа будут выявлены достоверно значимые показатели F Фишера, определяемые различиями в глазодвигательной активности, обусловленные как факторами «этап решения» и «тип задачи» (инсайтная или неинсайтная), так и взаимодействием этих факторов;

— в результате анализа будут выявлены достоверно значимые различия в параметрах глазодвигательной активности (величина раскрытия зрачка, длительность единичной фиксации) в АОИ «задача» в зависимости от факторов «этап решения» и «тип задачи», а также их взаимодействия;

— в результате анализа будут выявлены достоверно значимые различия в параметрах глазодвигательной активности (величина раскрытия зрачка, длительность единичной фиксации) в АОИ «монитор» в зависимости от факторов «этап решения» и «тип задачи», а также их взаимодействия.

Полученные показатели значимости различий в глазодвигательной активности анализируются содержательно как частота обращения взора испытуемого к соответствующим зонам интереса в процессе выполнения двойной задачи. Разброс показателей глазодвигательной активности в зоне «задача» свидетельствует о последовательности изменения параметров внимания и переструктурирования репрезентации задачи, связанной с обращением к различным условиям задания. Характер глазодвигательной активности в зоне «монитор» рассматривается в контексте изменения параметров контроля над выполнением вторичной задачи, связанного с перераспределением ресурса в пользу основной задачи при возникающих затруднениях (Kahneman, 1973). Далее анализировались только показатели с уровнем значимости и величиной воздействия выше средних стандартных.

Выборка: 21 испытуемый (средний возраст 23 года, стандартное отклонение 3). Каждый испытуемый решал 8 задач и выполнял предварительно две тренировочные серии.



Результаты

Обобщенный анализ показателей глазодвигательной активности во всех зонах интереса указывает на определенную специфику решения инсайтных задач, однако не позволяет осуществить содержательную интерпретацию этой специфики. Рассмотрим в качестве примера показатели изменения средней длительности фиксаций.

Для этого необходимо рассмотреть динамику показателей глазодвигательной активности отдельно по зонам интереса «задача» и «монитор».

Динамика параметров глазодвигательной активности в АОИ «задача». Исследователи, работающие в рамках данного направления, расходятся в отношении показателя величины раскрытия зрачка как основного критерия оценки степени умственного усилия и затраты когнитивного ресурса. Согласно Д. Канеману, данный показатель является такого рода критерием. Однако Дженисс в обзорной работе (Janisse, 1976) суммирует различные взгляды на возможные корреляты величины раскрытия зрачка и называет среди них наряду с мерой умственного усилия такие показатели, как «ответ на стрессор», «мера беспокойства», «мера сексуального возбуждения», «мера ожидания перед значимым событием». Впрочем, Вонг в своей работе (Wong, 2009) также на основе обзора ряда исследований указывает, что перечисленные выше факторы играют роль, когда испытуемый находится в состоянии покоя. В случае же наличия выраженного умственного усилия именно оно оказывает ведущее влияние на величину раскрытия зрачка.

На графике (рис. 2) представлены результаты анализа динамики средней величины раскрытия зрачка при инсайтном и неинсайтном решении. Здесь и далее на рисунках вертикальными линиями указан 95%-ный доверительный интервал. Не было обнаружено

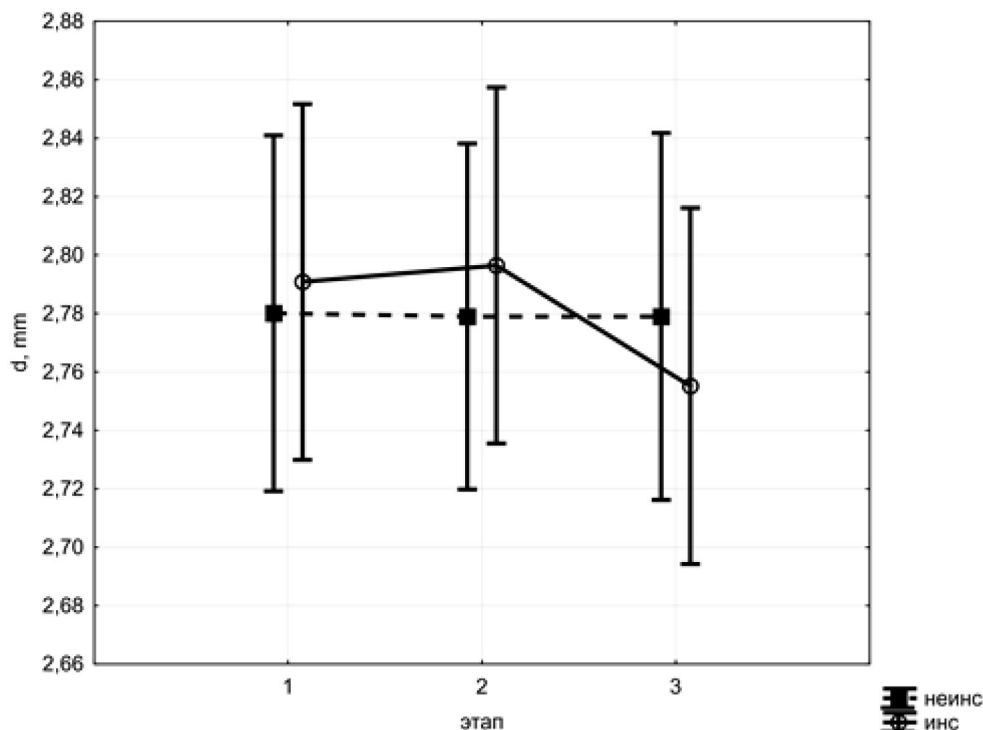


Рис. 2. Динамика изменения показателя величины раскрытия зрачка при решении инсайтных и неинсайтных задач



значимых различий ($F(2, 96) = 0,26; p = 0,77; \eta^2 = 0,005$) в средних показателях раскрытия величины зрачка при инсайтном и неинсайтном решении. Такой результат может объясняться тем, что показатель величины раскрытия зрачка обладает относительно высокой инертностью; в процессе же решения задачи взор испытуемого флуктуировал из области задания-зонда в область основной мыслительной задачи, а в данном случае мы анализировали общие данные по величине раскрытия зрачка без учета зоны пребывания взора.

Рассмотрим динамику длительности фиксаций — показатель, который является наиболее информативным и достаточно чувствительным в отношении динамики фиксаций. Вначале проанализируем динамику фиксаций в области основной задачи.

На графике (рис. 3) представлены результаты анализа динамики средней длительности фиксаций в области основной мыслительной задачи при инсайтном и неинсайтном решении, который свидетельствует о значимом различии в этих показателях ($F(2, 74) = 3,24; p = 0,04; \eta^2 = 0,08$) при решении основной мыслительной задачи. Такие различия обеспечиваются возрастанием длительности фиксации на области условий задания в случае инсайтной задачи ($F(2, 37) = 9,05; p = 0,001; \eta^2 = 0,35$) и отсутствием таковой в случае неинсайтного решения задачи ($F(2, 37) = 0,09; p = 0,91; \eta^2 = 0,004$). Согласно интерпретации Г. Кноблиха и коллег (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001), при решении инсайтной задачи осуществляется перевод значительного объема перекодирований видимой информации из условий задания в рабочую память. То есть субъект не только читает (рассматривает) условия, но и перекодирует информацию для дальнейшего анализа. В неинсайтном решении задачи испытуемый активно работает с условиями задания с самого начала на одном, достаточно высоком уровне. При инсайтном решении наблюдается «погружение» в работу с условиями задания, усиливающе-

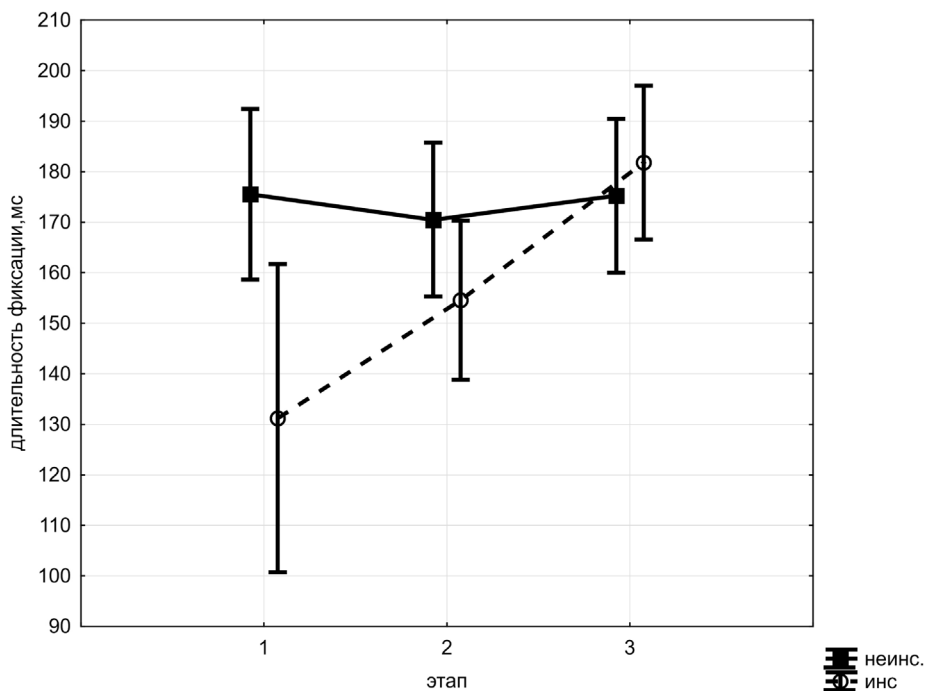


Рис. 3. Динамика изменения показателя длительности фиксаций при решении инсайтных и неинсайтных задач в случае АОИ «задача»



еся линейно. Если вначале испытуемый просто оценивает условия, то на поздних этапах он активно с ними работает. То, что происходит на первых этапах инсайтного решения с учетом сопоставления с данными о величине раскрытия зрачка, можно интерпретировать как ослабление, снижение концентрации внимания. Такие результаты соответствуют данным других исследований, указывающих на снижение концентрации и расширение фокуса внимания как на условия нахождения инсайтного решения (см.: Wiley, Jarosz, 2012), а также согласуются с результатами, полученными Кнобlichом и коллегами (Knoblich, Ohlsson, Raney, 2001).

Динамика параметров глазодвигательной активности в АОI «монитор». Анализ специфики решения данной задачи представляет интерес с точки зрения проведения сопоставления результатов регистрации движений глаз и когнитивного мониторинга, который мы использовали в наших предыдущих работах (например: Владимиров, Коровкин, Чистопольская, Савинова, 2013; Владимиров, Чистопольская, 2014). Обозначим наиболее важные тенденции, обнаруженные в этих исследованиях: темп выполнения задания снижается при неинсайтном решении; при решении инсайтных задач к концу решения увеличивается частота ошибок; при решении инсайтных задач медленнее выполняется зондовое задание, формат которого совпадает с условиями и форматом основной. С нашей точки зрения, такого рода тенденции объясняются следующим образом: при решении неинсайтных задач существенную роль играют процессы управляющего контроля, а при решении инсайтных — подчиненные модально-специфические системы, обеспечивающие работу с репрезентацией условий задачи. Теперь необходимо обратиться к анализу показателей глазодвигательной активности, которая регистрируется при выполнении испытуемыми зондового задания.

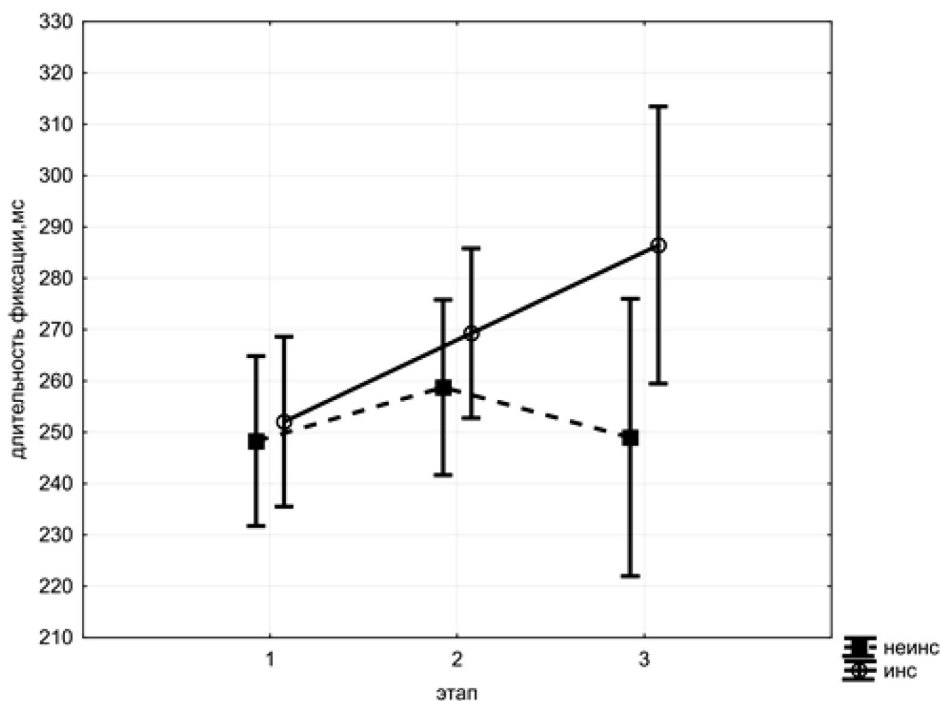


Рис. 4. Динамика изменения показателя длительности фиксации при решении инсайтных и неинсайтных задач для фиксации в АОI «монитор»



Данные анализа не выявляют сколь-нибудь существенную динамику показателей длительности фиксации в случае задания-зонд. Обобщенные результаты представлены на рис. 4. Общий эффект не выражен ($F(2, 69) = 1,14; p = 0,33; \eta^2 = 0,03$), анализ отдельных факторов и их попарное сравнение также не показали выраженных эффектов. Увеличение разброса показателей на последнем этапе решения может объясняться влиянием неучтенных факторов на работу испытуемых с заданием-зондом, изучение которых может явиться темой дальнейших исследований. Кроме содержательного анализа возможных дополнительных факторов в будущих исследованиях также необходимо учесть и возможные методические изменения. В проведенном нами обзоре вариантов использования метода ай-трекинга для изучения закономерностей инсайтного решения уже была намечена тенденцию перехода от парадигмы анализа длительности фиксации к анализу характеристик пребывания в области интереса (dwell) (Владимиров, Чистопольская, 2016). Возможно, подобный анализ будет полезным при сопоставлении результатов поведенческого эксперимента с использованием двойной задачи и данных ай-трекинга. В целом же, полученные результаты не позволяют однозначно соотнести данные, полученные с помощью использования задачи-зонда, с результатами анализа показателей регистрации глазодвигательной активности методом ай-трекинга.

Резюмируя, отметим наличие специфики инсайтного решения по сравнению с неинсайтным: при неинсайтном решении задания особую роль играет управляющий контроль, отвечающий за отслеживанием правил выполнения неинсайтных операций, модально-специфическая репрезентация условий задания менее важна (на это указывает относительно низкая и стабильная длительность фиксации (работа с построением репрезентации)). При инсайтном решении задачи на первых этапах работы с заданием (первые две трети решения) происходит отстранение от его конкретных условий, расширение фокуса внимания (относительно низкая длительность фиксации) и отслеживание различного рода деталей, нахождение логических связей, а на последних этапах решения повышается роль модально-специфической репрезентации (увеличение длительности фиксации), переструктурирование которой приводит субъекта к решению.

Выводы

1. Специфика протекания инсайтного решения относительно неинсайтного существует и выражается в различной роли управляющего контроля, модально-специфической репрезентации и отвлечении/концентрации внимания на различных этапах решения этих задач, что проявляется в возрастании длительности фиксации на условиях задачи на этапе, предшествующем нахождению решения.

2. Требуется дополнительные исследования, предполагающие анализ опосредующих факторов для понимания природы взаимосвязи данных ай-трекинга и мониторинга в процессе решения мыслительных задач.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 16-18-10030, программы государственного задания № 25.5666.2017/БЧ и РФФИ, проект № 14-06-00441а.

Литература

1. Барабанищikov В.А., Жегалло А.В. Регистрация и анализ направленности взгляда человека. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2013. 316 с.



2. Владимиров И.Ю., Коровкин С.Ю. Рабочая память как система, обслуживающая мыслительный процесс // Когнитивная психология: Феномены и проблемы. М.: Ленанд, 2014. С. 8–21.
3. Владимиров И.Ю., Коровкин С.Ю., Чистопольская А.В., Савинова А.Д. Мониторинг загрузки исполнительского контроля как метод фиксации микродинамики мыслительного процесса // Психология когнитивных процессов. Смоленск: Универсум, 2013. С. 18–22.
4. Владимиров И.Ю., Чистопольская А.В. Динамика распределения внимания при решении инсайтной задачи // Шестая международная конференция по когнитивной науке: тезисы докладов. Калининград, 23.06.14–27.06.14 Калининград: Изд-во БФУ имени И. Канта, 2014. С. 213–215
5. Владимиров И.Ю., Чистопольская А.В. Анализ гностических действий с помощью технологии регистрации движения глаз как метод изучения процесса инсайтного решения // Культурно-историческая психология. 2016. Т. 12. № 1. С. 24–34. doi:10.17759/chp.2016120103
6. Дункер К. Психология продуктивного (творческого) мышления // Психология мышления. М.: Прогресс, 1965. С. 86–234.
7. Лантева Е.М. Движения глаз как индикатор знания ответа при решении анаграмм // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 3. С. 41–53. doi:10.17759/exppsy.2016090304
8. Люсин Д.В. Влияние эмоций на внимание: анализ современных исследований // Когнитивная психология: Феномены и проблемы. М.: Ленанд, 2014. С. 146–160.
9. Ellis J.J. Using Eye Movements to Investigate Insight Problem Solving. PhD thesis. University of Toronto, 2012. 111 p.
10. Grant E.R., Spivey M.J. Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought // Psychological Science. 2003. 14 (5). P. 462–466.
11. Hambrick D., Engle R. The Role of Working Memory in Problem Solving // The Psychology of Problem Solving. Davidson J., Sternberg R. (Eds.). NY: Cambridge University Press, 2003. P. 176–207.
12. Janisse, M.P. Pupillometry: the psychology of the pupillary response. New York: Hemisphere Pub. Corp., 1977.
13. Jones G. Testing two cognitive theories of insight // Journal of Experimental Psychology: Learning. 2003. 29(5). P. 1017–1027.
14. Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc, 1973.
15. Knoblich G., Ohlsson S., Raney G.E. An eye movement study of insight problem solving // Memory & Cognition. 2001. № 29 (7). P. 1000–1009. doi: 10.3758/BF03195762
16. Metcalfe J., Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving // Memory & Cognition. 1987. № 15. P. 238–246. doi: 10.3758/BF03197722
17. Newell A., Simon H.A. Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972. 920 p.
18. Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., & Yaniv I. Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared mind perspective // R.J. Sternberg, J.E Davidson. (Eds.). The nature of insight. NY: Cambridge University Press, 1995. P. 65–124.
19. Thomas L.E., Lleras A. Moving eyes and moving thought: On the spatial compatibility between eye movements and cognition // Psychonomic Bulletin & Review. 2007. № 14 (4). P. 663–668. doi: 10.3758/BF03196818
20. Weisberg R.W., Alba J.W. An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of “insight” problems // Journal of Experimental Psychology: General. 1981. № 110. P. 169–192. doi: 10.1037/0096-3445.110.2.169
21. Wiley J., Jarosz A.F. How working memory capacity affects problem solving // Psychology of Learning and Motivation. 2012. Vol. 56. 185–227.
22. Wong T.J. Capturing «Aha!» moments of puzzle problems using pupillary responses and blinks: PhD thesis. University of Pittsburgh. 2009. 87 p.



EYE-TRACKING AND COGNITIVE MONITORING AS THE METHODS OF INSIGHT PROCESS OBJECTIFICATION

VLADIMIROV I.YU.*, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia,
e-mail: kein17@mail.ru

CHISTOPOLSKAYA A.V.**, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia,
e-mail: chistosasha@mail.ru

Current article highlights the results of the research of specific mechanisms of insight problem solving. It is based on the analysis of eye movement record data made by eye-tracker. The recorded data included average pupil diameter [mm] and fixation duration [ms]; the distribution of averaged eye movement values within the areas of interest during the manipulations with problem space was analyzed. The eye movement data was compared to the cognitive monitoring method data. The specificity of insight problems in comparison with non-insight (algorithmized) problems was validated. Several qualitative features of insight problem solving and the organization of problem space were revealed. Additionally, the priority of visual processing during insight problem solving was discovered: fixation duration increased in the “main problem” AOI.

Keywords: average pupil diameter, fixation duration, eye-tracking, insight problem, working memory, monitoring, microdynamics, resource competition.

Funding

The study was supported by Russian Scientific Foundation project 16-18-10030, the grant of Ministry of Education and Science of the Russian Federation, 25.5666.2017/8.9, and RFBR, project 14-06-00441a.

References

1. Barabanshchikov V.A., Zhegallo A.V. Registratsiya i analiz napravlenosti vzora cheloveka. [Registration and analysis of the person eye movement focus]. M.: Izd-vo «Institut psikhologii RAN», 2013. 316 p.
2. Vladimirov I.Yu., Chistopolskaya A.V. Dinamika raspredeleniya vnimaniya pri reshenii insaytnoy zadachi [The dynamics of attention allocation in insight problem solving]. Shestaya mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoy nauke: tezisy dokladov; Kaliningrad, 23.06.14–27.06.14 [The Sixth International Conference on Cognitive Science: abstracts; Kaliningrad 23.06.14–27.06.14]. Kaliningrad: BFU of. I. Kanta Publ, 2014. pp. 213–215 (in Russian)
3. Vladimirov I.Yu., Korovkin S.Yu. Rabochaya pamyat' kak sistema, obsluzhivayushchaya myslitel'nyi protsess [Working memory as the thinking process utility system.]. Kognitivnaya psikhologiya: Fenomeny i problemy [Cognitive psychology: the phenomenon and problems]. Moscow.: Lenand Publ, 2014. pp. 8–21. (In Russian).
4. Vladimirov I.Yu., Korovkin S.Yu., Chistopol'skaya A.V., Savinova A.D. Monitoring zagruzki ispolnitel'skogo kontrolya kak metod fiksatsii mikrodinamiki myslitel'nogo protsessa [Executive control

For citation:

Vladimirov I.Yu., Chistopolskaya A.V. Eye-tracking and cognitive monitoring as the methods of insight process objectification. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 167–179. doi:10.17759/expsy.2019120113

* Vladimirov Iliya Yurievich, Ph.D. in Psychology, associate professor, Department of General Psychology, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia. E-mail: kein17@mail.ru

** Chistopolskaya Aleksandra Valerievna, Ph.D. in Psychology, associate professor, Department of General Psychology, P.G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia. E-mail: chistosasha@mail.ru



- load monitoring as a method of the thinking process microdynamics registration]. *Psikhologiya kognitivnykh protsessov* [Psychology of cognitive processes]. Smolensk: Universum Publ, 2013. pp. 18–22. (In Russian).
5. Vladimirov I.Yu., Chistopolskaya A.V. Analysis of Gnostic Actions Using Eye Tracking as a Method of Studying Insight in Problem Solving. *Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya* [Cultural-Historical Psychology], 2016. Vol. 12, no. 1, pp. 24–34. doi:10.17759/chp.2016120103. (In Russ., abstr. in Engl.)
 6. Dunker K. *Psikhologiya produktivnogo (tvorcheskogo) myshleniya* [Psychology of productive (creative) thinking]. *Psikhologiya myshleniya* [Psychology of thinking]. Moscow: Progress Publ., 1965. pp. 86–234. (In Russian)
 7. Lapteva E.M. Eye movements as indicator of solution knowledge in anagram solving. *Ekspierimental'naâ psihologiâ* [Experimental Psychology (Russia)], 2016. Vol. 9, no. 3, pp. 41–53. doi:10.17759/exppsy.2016090304 (In Russ., abstr. in Engl.).
 8. Lyusin D.V. Vliyanie emotsii na vnimanie: analiz sovremennykh issledovaniï [The influence of emotion on attention: an analysis of current research]. *Kognitivnaya psikhologiya: Fenomeny i problemy* [Cognitive psychology: the phenomenon and problems]. Moscow: Lenand Pub, 2014. pp. 146–160. (In Russian).
 9. Ellis J.J. Using Eye Movements to Investigate Insight Problem Solving. PhD thesis. University of Toronto. 2012. p. 111.
 10. Grant E.R., Spivey M.J. Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought. *Psychological Science*, vol. 14, no. 5, 2003. pp. 462–466.
 11. Hambrick D., Engle R. The Role of Working Memory in Problem Solving. *The Psychology of Problem Solving*. Davidson J., Sternberg R. (Eds.). NY: Cambridge University Press, 2003. pp. 176–207.
 12. Janisse, M.P. *Pupillometry: the psychology of the pupillary response*. New York: Hemisphere Pub. Corp., 1977.
 13. Jones G. (2003). Testing two cognitive theories of insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning*, vol. 29, no. 5, pp.1017–1027.
 14. Kahneman D. *Attention and effort*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc. 1973.
 15. Knoblich G., Ohlsson S., Raney G.E. An eye movement study of insight problem solving. *Memory & Cognition*, 2001, vol. 29, no. 7, pp. 1000–1009 doi: 10.3758/BF03195762
 16. Metcalfe J., Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving. *Memory & Cognition*, vol. 15, no. 3, 1987. pp. 238–246. doi: 10.3758/BF03197722
 17. Newell A., Simon H.A. *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1972. 920 p.
 18. Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., & Yaniv I. Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared mind perspective. Sternberg R.J., Davidson J.E. (Eds.). *The nature of insight*. NY: Cambridge University Press, 1995. pp. 65–124.
 19. Thomas L.E., Lleras A. Moving eyes and moving thought: On the spatial compatibility between eye movements and cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 14, no. 4, 2007. pp. 663–668. doi: 10.3758/BF03196818
 20. Weisberg R.W., Alba J.W. An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of “insight” problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, no. 110, 1981. pp. 169–192. doi: 10.1037/0096-3445.110.2.169
 21. Wiley J., Jarosz A.F. How working memory capacity affects problem solving. *Psychology of Learning and Motivation*, 2012, vol. 56, 185–227.
 22. Wong T.J. Capturing «Aha!» moments of puzzle problems using pupillary responses and blinks: PhD thesis. University of Pittsburgh, 2009. 87 p.