

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Дренёва Анна Александровна

**ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ
ВАРИАЦИИ ЭКСТРАФОВЕАЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР**

19.00.01 – Общая психология, психология личности, история
психологии

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Москва – 2021

Работа выполнена на кафедре общей психологии факультета психологии
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова»

- Научный руководитель: **Кричевец Анатолий Николаевич** – доктор философских наук.
- Официальные оппоненты: **Фаликман Мария Вячеславовна** – доктор психологических наук; ведущий научный сотрудник научно-учебной лаборатории когнитивных исследований факультета социальных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»;
- Меньшикова Галина Яковлевна** – доктор психологических наук; заведующий лабораторией «Восприятие» факультета психологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»;
- Чистопольская Александра Валерьевна** – кандидат психологических наук; доцент кафедры общей психологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова».

Защита диссертации состоится 01 декабря 2021 г. в 15.00 на заседании диссертационного совета МГУ.19.04 ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по адресу: 125009, Москва, ул. Моховая, дом 11, строение 9, аудитория 215.
E-mail: us@psy.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций Научной библиотеки МГУ имени М.В.Ломоносова (г. Москва, Ломоносовский просп., д. 27); на сайте ИАС «ИСТИНА» (<https://istina.msu.ru/dissertations/391829407/>); на сайте Научно-консультативного совета РАО и РПО (<http://psy-science-council.ru/dissertaions/>)

Автореферат разослан «___» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.19.04,
кандидат психологических наук

Р.С. Шилко

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В данном исследовании рассматривается ряд актуальных вопросов современной когнитивной психологии. Первый включает в себя особенности выполнения субъектами задачи на категориальный зрительный поиск в условиях различного типа стимулов и инструкций (Treisman, 1982; Zelinsky et al., 2013; Krause et al., 2017; Wolfe, Horowitz, 2017 и др.). В рамках исследований зрительного поиска изучается также вопрос соотношения фовеального и экстрафовеального (находящегося за пределами зоны фовеа) компонентов восприятия, вклада и функционального назначения каждого из них в процессах распознавания, анализа, категоризации и оперирования воспринимаемыми объектами (Reingold, Glaholt, 2014; Rosenholtz, 2016). Несмотря на сниженную остроту зрения (Levi, Klein, Aitsebaomo, 1985; Harvey, Dumoulin, 2011), трудности различения близко расположенных стимулов и выделения их конкретных деталей (Bouma, 1970; Greenwood et al., 2017), экстрафовеальное зрение играет значительную роль в процессе зрительного восприятия, позволяя распознавать объекты без направления на них взгляда; при этом эффективность экстрафовеального восприятия связывается с количеством саккад: чем меньше осуществляется саккад по направлению к стимулам, тем выше эффективность экстрафовеального зрения (Henderson, Pollatsek, Rayner, 1989; Ji, Chen, Fu, 2014; Дренёва, Кричевец, 2021; Dreneva et al., 2021). В настоящей работе экстрафовеальное восприятие (или экстрафовеальный анализ) понимается как распознавание объектов и их характеристик без перемещения их в зону фовеа.

Второй вопрос связан с работой внимания в контексте зрительного поиска, в частности, особенностей его функционирования на разных этапах решения поисковой задачи, при анализе разного типа объектов и в разных экспериментальных условиях. Результаты изучения механизмов внимания представлены в большом количестве работ (напр., Treisman, Gelade, 1980; Nako, Grubert, Eimer, 2016; Фаликман, 2016). Многие исследователи рассматривают внимание как систему механизмов с ограниченной ресурсоемкостью, способную значительно увеличить эффективность решения задачи, на которую оно направлено, и затем переключиться на следующую задачу (Treisman,

Gelade, 1980; Hoffman, Subramaniam, 1995; Moray, 2017). При решении задачи на зрительный поиск базовыми низкоуровневыми признаками, считываемыми без привлечения внимания, являются размер, цвет, пространственная ориентация и движение (Wolfe, Horowitz, 2004, 2017). Ряд исследований показывает, что более высокоуровневые характеристики, например, направление падающего света, также могут быть восприняты экстрафовеально и до привлечения внимания (Ramachandran, 1988; Enns, Rensink, 1990).

Третьим вопросом является многозначность термина «понятие» в психологии, который рассматривался с позиций множества принципиально разных подходов, таких как классическая теория понятий (Apostle, 1980); модель прототипов (Rosch, 1975; Rosch, Mervis, 1975); теория экземпляров (Medin, Shaffer, 1978); теория, основанная на знании (Murphy, Medin, 1985); теория метафоры (Johnson, Lakoff, 1980); воплощенное познание (Lakoff, Nunez, 1998); подходы, разработанные в рамках отечественной психологии (Выготский, 1934; Леонтьев, 1964, 1975; Рубинштейн, 1958, 2003; Давыдов, 2000). В работе уделяется внимание этому термину, поскольку в качестве стимульного материала использовались геометрические фигуры, репрезентирующие математические понятия. В связи с этим можно говорить о том, что изучались не только низкоуровневые перцептивные механизмы, задействованные при решении задачи на зрительный поиск, но также высокоуровневые процессы, обеспечивающие выполнение категоризации.

Исследование посвящено изучению процессов, включающих механизмы восприятия (фовеального и экстрафовеального), мышления (процесса категоризации) и внимания (способного перемещаться открыто, явно – в виде движений глаз; и скрыто – в виде не фиксируемых объективно перемещений фокуса внимания, обеспечивающего, тем не менее, повышенную эффективность решения задач). Указанные функциональные системы и лежащие в их основе механизмы включают в себя как низкоуровневые, так и высокоуровневые процессы, сложным образом взаимодействующие между собой. Особенности интеграции механизмов обоих типов могут быть по-разному представлены у конкретных индивидов, что говорит о выраженных межиндивидуальных различиях во взаимодействии указанных систем. Кроме

того, в рамках научения специфика их совместного функционирования, проявляющаяся в поведении, может существенным образом изменяться в соответствии с индивидуальными стратегиями субъектов, их личностными особенностями и требованиями задачи.

Цель исследования. Выявление психологических и психофизиологических особенностей экстрафовеального восприятия изображений при категориальном зрительном поиске, когда цель задается математическим понятием.

Объект исследования. Фовеальное и экстрафовеальное восприятие категориально заданных (понятием) геометрических фигур.

Предмет исследования. Общие закономерности и индивидуальные вариации экстрафовеального восприятия в условиях категориального зрительного поиска.

Гипотезы исследования

1. В условии простых геометрических форм, легко отличимых друг от друга (квадрат, круг, треугольник, крест), у всех испытуемых будет наблюдаться малое количество саккадических движений глаз в направлении целевого стимула либо их отсутствие, что отражает высокую степень эффективности экстрафовеального анализа.
2. В условии более сложных, двумерных геометрических фигур (прямоугольник, ромб, параллелограмм, четырехугольник общего вида), а также простых трехмерных фигур (призма), будет наблюдаться меньшее количество саккад до зоны с целевым стимулом, чем при случайном последовательном рассматривании всех представленных стимулов, что отражает достаточно высокую степень эффективности экстрафовеального анализа.
3. В условии очень сложных трехмерных фигур (пирамид), у которых отсутствуют опорные визуальные признаки, данные экстрафовеального анализа начнут играть значительно меньшую роль или вовсе игнорироваться при программировании саккад.
4. В условии вынужденного экстрафовеального восприятия, заданного инструкцией, испытуемые будут демонстрировать уровень успешности

распознавания стимулов, сходный с таковым в условиях свободного поиска аналогичных стимулов.

5. При выполнении задач всех уровней сложности у испытуемых будут наблюдаться существенные межиндивидуальные различия, выражаемые в разных стратегиях поиска и степени использования результатов экстрафовеального анализа для решения задач.

Задачи исследования

Теоретические:

1. Провести анализ исследований экстрафовеального восприятия и выделить основные его характеристики.
2. Проанализировать основные черты скрытого (covert) внимания в его взаимосвязи с движениями глаз.
3. Систематизировать подходы к изучению понятий, выделить ключевые подходы в контексте изучения математических понятий.

Методические:

1. Разработать программу эмпирического изучения экстрафовеального анализа стимулов в условии категориального зрительного поиска.
2. Создать методический инструментарий для исследования экстрафовеального анализа в условии категориального зрительного поиска.
3. Подобрать методику статистической оценки общих тенденций и индивидуальных вариаций экстрафовеального анализа стимулов.

Эмпирические:

1. Изучить наличие, распространенность и основные характеристики экстрафовеального анализа стимулов в условиях категориального поиска геометрических фигур разной степени сложности.
2. Исследовать межиндивидуальные различия в степени использования экстрафовеального анализа, а также в перцептивных стратегиях в зависимости от стимулов и инструкции.
3. Изучить роль скрытого внимания в условии форсированного, вынужденного экстрафовеального анализа и сравнить эффективность и степень

его применения при свободной инструкции (без запрета на движения глаз) и при ограничивающей инструкции (с запретом на движения глаз).

Теоретико-методологическая основа работы включает в себя основные положения системного подхода в психологии (Б.Ф. Ломов, В.Б. Швырков); принципы деятельностного подхода к изучению перцептивных процессов (А.Н. Леонтьев); теорию функциональных систем (П.К. Анохин); концепцию уровневой природы восприятия как процесса решения сенсорных и перцептивных задач (А.Н. Леонтьев, Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романов).

Методы исследования включают в себя айтрекинг в качестве способа фиксации глазодвигательной активности испытуемого в процессе решения поисковой задачи. Во всех экспериментах использовался айтрекер SMI RED с частотой регистрации положения взгляда 120 Hz. Запись движений глаз проводилась с использованием программы iViewX. Эксперименты состояли из определенного количества проб (от 96 до 160, в зависимости от эксперимента), каждая из которых содержала слайды с четырьмя геометрическими фигурами – одной целевой и тремя дистракторами. Стимульный материал предъявлялся в программе Experiment Center 3.3. Экран монитора имел разрешение 1024x1280, диагональ 19 дюймов. Испытуемые располагались на расстоянии 60 см от экрана монитора. В начале эксперимента проводилась двенадцатиточечная калибровка. Критерием допуска к эксперименту выступило достижение калибровочной точности не более 0.5°.

Обработка данных включала в себя перевод последовательности привязанных к экрану координат точек фиксации взгляда, полученных из программы SMI RED, в последовательности саккад в пределах выделенных зон со стимулами, что отражает специфику экстрафовеального анализа зрительного поля. Для этого с помощью программы Vegaze 3.3 экран делился на зоны интереса, включающие каждый из четырех стимулов, а также центральную зону. Данная программа фиксировала последовательность фиксации в каждой из зон, при этом все фиксации в рамках одной зоны считались за одну. Затем осуществлялся перевод полученных данных в последовательность посещенных зон с помощью специально написанной программы на языке Python. Статистический анализ данных проводился с использованием пакета SPSS

Statistics v. 21 методами описательной статистики, сравнения групп, процедур регрессионного и дисперсионного анализа.

Характеристика выборки. В первом эксперименте приняли участие 20 человек (12 женщин, возраст от 18 до 66 лет); во втором эксперименте участвовало 13 человек (9 женщин, возраст от 18 до 25 лет); в третьем эксперименте – 12 человек (8 женщин, возраст от 19 до 27 лет); в четвертом эксперименте – 18 человек (16 женщин, возраст от 18 до 25 лет); в пятом эксперименте участвовало 32 человека (23 женщины, возраст от 18 до 26 лет). Суммарный размер выборки составил 95 человек. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение.

Научная новизна. В серии эмпирических исследований впервые изучено экстрафовеальное восприятие геометрических фигур в условии категориального поиска. Получены новые эмпирические данные о характеристиках экстрафовеального восприятия в зависимости от уровня сложности геометрических фигур. Проведен детальный анализ индивидуальных различий в применении экстрафовеального анализа при категориальном поиске. Применен статистический метакритерий оценки общих тенденций и индивидуальных вариаций экстрафовеального анализа стимулов. Изучена роль скрытого внимания при категориальном поиске в условии форсированного, вынужденного экстрафовеального восприятия.

Теоретическая значимость. Анализ особенностей экстрафовеального восприятия в условиях категориального зрительного поиска дополняет современные модели восприятия, внимания и глазодвигательной активности, а также взаимодействия между указанными процессами. Изучение условий, при которых механизмы, изначально относимые к более высоким уровням (например, категориальный поиск и процесс категоризации), под влиянием определенных факторов «спускаются» на более низкие уровни, воздействуя тем самым на динамику и содержание иных процессов, запускаемых по результатам первичного анализа, позволяет углубить современные представления о восходящих и нисходящих процессах обработки информации, а также особенностях их взаимодействия. Проведенный анализ межиндивидуальных различий расширяет существующие представления об индивидуальных

перцептивных стратегиях в зависимости от уровня сложности стимулов, соотношения характеристик цели и дистракторов, содержания инструкции. Изучение специфики скрытого внимания в условиях форсированного, вынужденного экстрафовеального восприятия дополняет имеющиеся данные о роли и возможностях скрытого внимания в зрительном восприятии.

Практическая значимость. Выявление индивидуальных характерных черт взаимодействия процессов внимания, фовеального и экстрафовеального зрения, а также механизмов, обеспечивающих категориальный поиск, у каждого из испытуемых, позволит определить типы возможной интеграции указанных процессов. Их можно использовать в сфере образования при модернизации обучающих методик для повышения их эффективности и обеспечения большей индивидуализации образовательных траекторий. Обнаруженная специфика экстрафовеального восприятия может использоваться для создания диагностических инструментов и обучающих технологий в профессиях, требующих эффективного зрительного восприятия стимулов на периферии зрительного поля: например, в профессиях диспетчера, оператора, сотрудника службы безопасности, спортсмена. Выявленная зависимость эффективности экстрафовеального анализа от сложности стимулов может быть применена в различных областях, например, маркетинге, для создания или изменения логотипов с визуальными характеристиками, позволяющими быстро и эффективно их воспринимать и запоминать. Полученные знания могут быть применены в области информационных технологий для оптимизации эргономичности цифровых продуктов, таких как приложения, сайты и др.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечена достаточным числом испытуемых и выполненными ими экспериментальными пробами; использованием адекватного метода и оборудования, обладающего достаточными техническими характеристиками для фиксации требуемых процессов; экспериментальным дизайном, позволяющим четко варьировать уровни факторов и отслеживать их влияние на зависимые переменные; использованием адекватной статистической обработки данных.

Положения, выносимые на защиту

1. В простых задачах на категориальный зрительный поиск, когда категория целевого стимула определяется математическим понятием, в условиях отчетливо различающихся между собой объектов, их идентификация осуществляется в основном за счет экстрафовеального распознавания.
2. Уже на уровне относительно простых задач на зрительный поиск проявляются значительные межиндивидуальные различия в степени использования экстрафовеального анализа зрительного поля при решении задачи, в частности при программировании саккад.
3. При усложнении задачи на категориальный поиск межиндивидуальные различия приобретают качественный характер: при решении поисковой задачи одни испытуемые постоянно используют стратегию экстрафовеального анализа, тогда как другие ее практически не используют.
4. Эффективность категориального поиска в условии вынужденного экстрафовеального восприятия, заданного инструкцией (в виде запрета на движения глаз по направлению к стимулам), не связана с эффективностью его спонтанного использования при свободной инструкции (в виде отсутствия такого запрета).

Апробация результатов исследования. Результаты серии исследований обсуждались на заседаниях кафедр общей психологии и методологии психологии факультета психологии МГУ имени М.В.Ломоносова, а также докладывались в рамках конференций: «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» (Москва, 2017); «19-я Европейская конференция по движениям глаз» (Вупперталь, 2017); «Летняя когнитивная школа памяти Карла Дункера» (Солнечногорск, 2018); «VIII Международная конференция по когнитивной науке» (Светлогорск, 2018); «Технология и психология для математического образования» (Москва, 2019); «XVI Европейский психологический конгресс» (Москва, 2019); «20-я Европейская конференция по движениям глаз» (Аликанте, 2019); IX Международная конференция по когнитивной науке (Москва, 2020).

Структура и объем диссертации. Объем работы составляет 218 страниц. Диссертация включает введение, две главы, выводы, заключение и список литературы. В диссертации приведено 4 таблицы и 48 рисунков. Список литературы содержит 383 источника, 338 из которых на иностранных языках.

Основное содержание диссертации

Во **Введении** приводится обоснование актуальности проблемы; определяются цели, задачи и гипотезы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; излагаются положения, выносимые на защиту.

В **первой главе «Теоретический анализ проблемы экстрафовеального восприятия»** анализируются основные теоретические модели и эмпирические исследования экстрафовеального восприятия и движений глаз; рассматриваются различные классификации внимания и специфики его соотношения с глазодвигательной активностью; рассматривается проблема понятия в психологии и описываются основные концепции понятий.

Метод записи движений глаз (айтрекинг) в настоящее время является достаточно распространенным, поскольку позволяет получить объективные данные в виде разных параметров движений глаз. Данный метод используется в различных исследовательских областях: когнитивной науке (Cavanagh et al., 2014; Wang et al., 2014; Владимиров, Чистопольская, 2019; Меньшикова, Пичугина, 2020); клинической психологии (Duque, Vazquez, 2015; Pierce et al., 2016); спортивной психологии (Барабанщикова и др., 2019); маркетинге (dos Santos et al., 2015; Jankowski et al., 2016); медицине (Holzman et al. 1973; Sumadani et al., 2015); зоопсихологии (Kano, Call, 2014; Muhlenbeck et al., 2015) и многих других.

Работы, исследующие соотношение ролей фовеального и экстрафовеального зрения, показывают, что опознание объектов редко обеспечивается одной лишь фовеа (напр., Loschky et al., 2007; Potter, Fox, 2009). Наиболее распространенным объяснением снижения эффективности обработки стимулов на периферии, по сравнению с фовеа, является снижение четкости зрения, обусловленное сокращением числа колбочек по направлению от центра

к периферии. Данный эффект объясняется действием кортикального фактора магнификации (Rovamo, Virsu, 1979).

С помощью экстрафовеального зрения можно определить низкоуровневые характеристики: цвет, форму, движение и пространственную ориентацию (Wolfe, Horowitz, 2004, 2017). Кроме того, гораздо более высокоуровневые характеристики, например, направление света, также могут быть идентифицированы экстрафовеально (Ramachandran, 1988; Enns, Rensink, 1990). Открытым остается вопрос о том, какая еще высокоуровневая информация может быть определена с помощью экстрафовеального восприятия.

Движение глаз и зрительное внимание являются тесно взаимосвязанными процессами, и характер этого взаимодействия может быть разным. Во-первых, они могут быть относительно не зависимыми друг от друга. Во-вторых, внимание может просто следовать за направлением взора. В-третьих, перемещение внимания может предшествовать движениям глаз и даже выступать для них необходимым условием (Drenea et al., 2021). В-четвертых, отношения могут быть сложнее и определяться текущей задачей. Исследования показывают, что с большой долей вероятности эти отношения сочетают третий и четвертый варианты (Kristjansson, 2011).

В данной работе экстрафовеальное восприятие исследуется в контексте особого вида зрительного поиска – категориального поиска, когда цель задается понятием, категорией. Задача категориального поиска, по сравнению с типичными поисковыми задачами, когда цель поиска задается в виде конкретного изображения объекта, является гораздо более экологичной (Schmidt, Zelinsky, 2009; Zelinsky et al., 2013). Дополнительными аспектами выступили математические понятия и процесс категоризации.

Во второй главе «Эмпирические исследования особенностей экстрафовеального восприятия геометрических фигур» приводятся описание и результаты серии собственных эмпирических исследований. Общей целью всех исследований было определить специфику и границы экстрафовеального анализа математических объектов – геометрических фигур – в задаче на поиск целевого стимула среди нескольких дистракторов. Все исследования представляют собой логически организованную серию

экспериментов: в каждом последующем эксперименте, исходя из результатов предыдущего, формулировались и проверялись новые гипотезы (Dreneva et al., 2021).

Исследование 1

Частной целью Исследования 1 было выявить особенности глазодвигательной активности при поиске целевого стимула среди дистракторов на материале простых геометрических форм (квадрат, круг, треугольник, крест).

Испытуемые

В исследовании приняло участие 20 человек возрастом от 18 до 66 лет.

Метод

В качестве стимулов использовались простые геометрические формы: треугольник, квадрат, круг, крест (Рис. 1). Расстояние от стартовой точки в центре экрана до каждой из фигур было 4–6 угловых градусов; расстояние от точки фиксации до центров фигур равнялось примерно 10° . Всё стимульное поле занимало площадь, равную $30 \times 30^\circ$. Фигуры были расположены в четырех секторах: «А», «В», «С», «D». Инструкция задавала целевой стимул, например: «Найдите квадрат». Задачей испытуемого было как можно быстрее найти цель, нажать на пробел (после чего изображения стимулов сменялись маской) и назвать букву сектора с целевым стимулом.

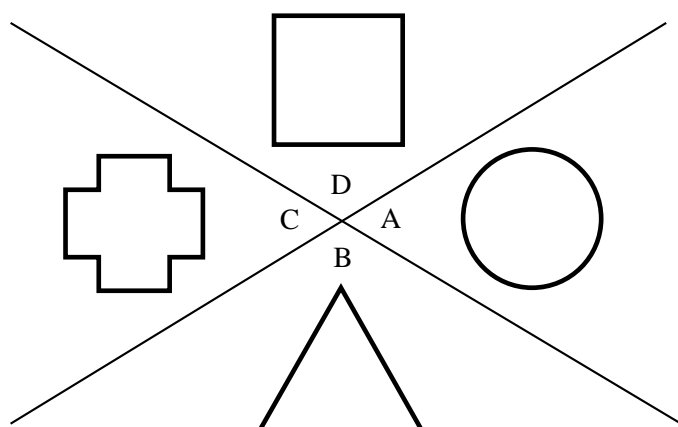


Рисунок 1. Образец стимульного слайда в Исследовании 1.

Обработка данных

Обработка данных в этом и последующих экспериментах включала в себя анализ не только стандартных показателей – времени и правильности ответа, но также порядковый номер посещения целевой зоны.

Для определения местоположения фиксации внутри или вне целевого сектора выделены «зоны интереса» – «центр», «сектор А», «сектор В», «сектор С», «сектор D». Центральная зона имеет размер $7 \times 7^\circ$.

С помощью программы Vegaze 3.3 учитывалась отнесенность каждой фиксации к конкретной зоне на экране и фиксировалась последовательность фиксаций взора в процессе выполнения отдельной пробы. При этом количество фиксаций в одной и той же зоне не оценивалось, а принималось за факт посещения этого сектора. Поскольку количество посещений сектора при случайном нахождении стимула с целевой фигурой равно $(1+2+3+4)/4=2.5$, именно с этим числом сравнивалось количество посещений секторов в каждой из проб.

Результаты Исследования 1

Всего с 20 испытуемыми проведено 480 проб (20×24), из которых в одной пробе название верного ответа произошло после четырех посещенных секторов; в шести пробах – после двух посещений нецелевых секторов; в 29 пробах – после одного посещения нецелевого сектора; в 72 пробах первым был посещен сектор с целевой фигурой; и в 372 пробах (77.5% от общего числа проб) испытуемые смогли дать верный ответ вообще без саккад и фиксаций вне центральной области.

Стоит отметить высокую роль межиндивидуальных различий в специфике распределения данного показателя: таблица сопряженности 20×5 дает показатель χ -квадрат, равный 258 при 76 степенях свободы. Данный факт может свидетельствовать о том, что анализ всех стимулов все равно проходил экстрафовеально и гипотеза о местонахождении целевого стимула возникала в первые же моменты решения задачи, однако каким-то испытуемым необходимо было перевести взгляд, чтобы проверить гипотезу и дать окончательный ответ, а некоторые полагались исключительно на экстрафовеальную догадку. Такой результат может говорить о роли личностных особенностей испытуемых,

например, уровня тревожности, когнитивного стиля (Волкова, Гусев, 2018) в стратегии решения задач.

Выводы по Исследованию 1

С высокой долей вероятности можно утверждать, что в случае зрительного поиска целевого стимула на материале простых, легко различимых геометрических форм экстрафовеальный анализ зрительного поля осуществляется в большинстве проб совершенно надежно. При этом в случае единственной саккады в область целевого сектора можно говорить не только о роли низкоуровневых процессов в решении поисковой задачи, но также о личностных особенностях испытуемых (например, тревожности) и их мотивации на выполнение экспериментального задания.

Исследование 2

Исследование 2 имело следующие **частные цели**. Исходя из результатов Исследования 1, принято решение усложнить стимульные объекты друг относительно друга, то есть сделать цель и дистракторы более похожими, а также варьировать пространственную ориентацию и расположение самих целевых фигур. Целью этого исследования выступило выявление особенностей экстрафовеального анализа зрительного поля на материале более сложных, более похожих друг на друга геометрических форм, которые предъявлялись не только в «привычном» положении (на основании), но также и в «непривычном» (под углом).

Испытуемые

Количество участников составило 13 человек (возраст от 18 до 25 лет).

Метод

Регистрация глазодвигательной активности осуществлялась аналогично Исследованию 1.

Стимульный материал имел следующие характеристики. В качестве целевой фигуры выступал либо прямоугольник, либо квадрат – это первый из варьируемых факторов (Рис. 2). Вторым фактором являлся характер дистракторов: четырехугольники общего вида (более простое условие) и более похожие на цель дистракторы – ромбы для квадрата и параллелограммы для прямоугольника (более сложное условие). Третьим фактором выступила пространственная ориентация целевого стимула: размещенный на основании

(привычное положение – более легкое условие) или повернутый под определенным углом (непривычное положение – более сложное условие). Задачей испытуемого было как можно быстрее найти цель, нажать на пробел и назвать букву сектора с целевым стимулом.

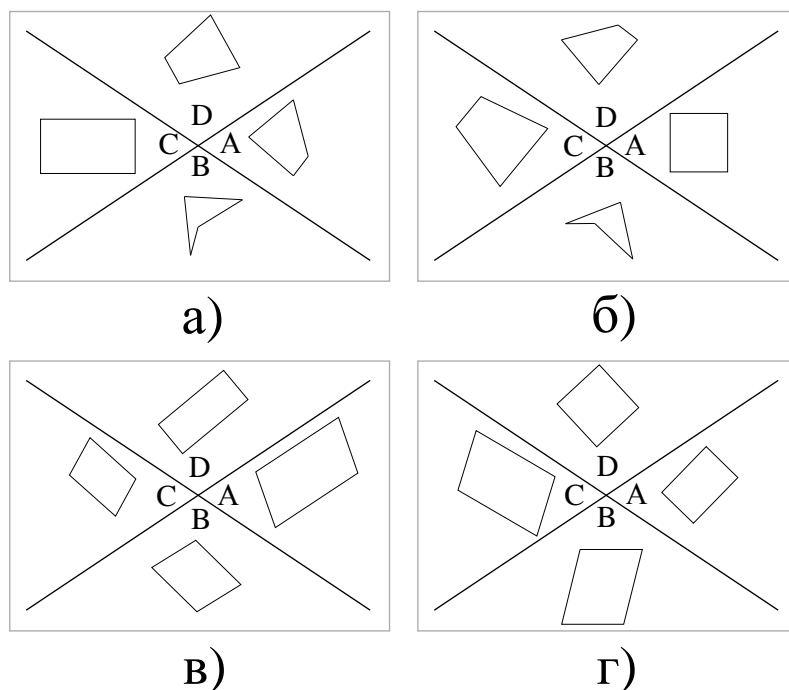


Рисунок 2. Примеры стимульных слайдов в Исследовании 2: а) прямоугольник в привычном положении (на основании) среди непохожих дистракторов (четырёхугольников общего вида); б) квадрат в привычном положении (на основании) среди непохожих дистракторов (четырёхугольников общего вида); в) прямоугольник в непривычном положении (под углом) среди похожих дистракторов (параллелограммов); г) квадрат в непривычном положении (под углом) среди похожих дистракторов (ромбов).

Результаты Исследования 2

Всего проанализирована 1241 проба у 13 испытуемых (пробы одного участника исключены по причине большого числа ошибок и необоснованного улучшения общего среднего). По итогам анализа проб всех участников среднее значение номера фиксации в целевом секторе составило 1.09 (SE=0.031). Результаты анализа проб каждого испытуемого в отдельности также показывают значимое отличие среднего номера фиксации целевого стимула от гипотетического среднего. Значения статистики Стьюдента варьируют от $t = -5.04$ ($p = .000002$) до -24.9 .

Анализ распределения номера целевой зоны в последовательности движений глаз показывает, что 484 пробы из 1241 (39%) выполнены без

движений глаз из центральной области. Это означает, что в ряде случаев задача зрительного поиска достаточно легко может быть решена на основе исключительно экстрафовеального анализа зрительного поля. Большой интерес, однако, представляет изучение индивидуальных вариаций данной способности. Данное распределение демонстрирует, что способность к экстрафовеальному распознаванию, а также стратегия его использования испытуемыми значительным образом варьирует: значение χ^2 для таблицы сопряженности составляет около 500, $df=48$, $p<.0001$.

Проведен трехфакторный дисперсионный анализ средних индивидуальных значений с повторными измерениями и факторами «Целевой стимул», «Пространственная ориентация» и «Характер дистракторов». В частности, в условии «непривычного», нестандартного положения всех представленных объектов увеличивалось количество посещенных секторов, по сравнению с условием «привычного» положения фигур – на их основаниях. Зависимость от фактора пространственной ориентации, в среднем по испытуемым, характеризуется значением $F(1, 11)=45.1$, $p=.00003$ (Рис. 3).

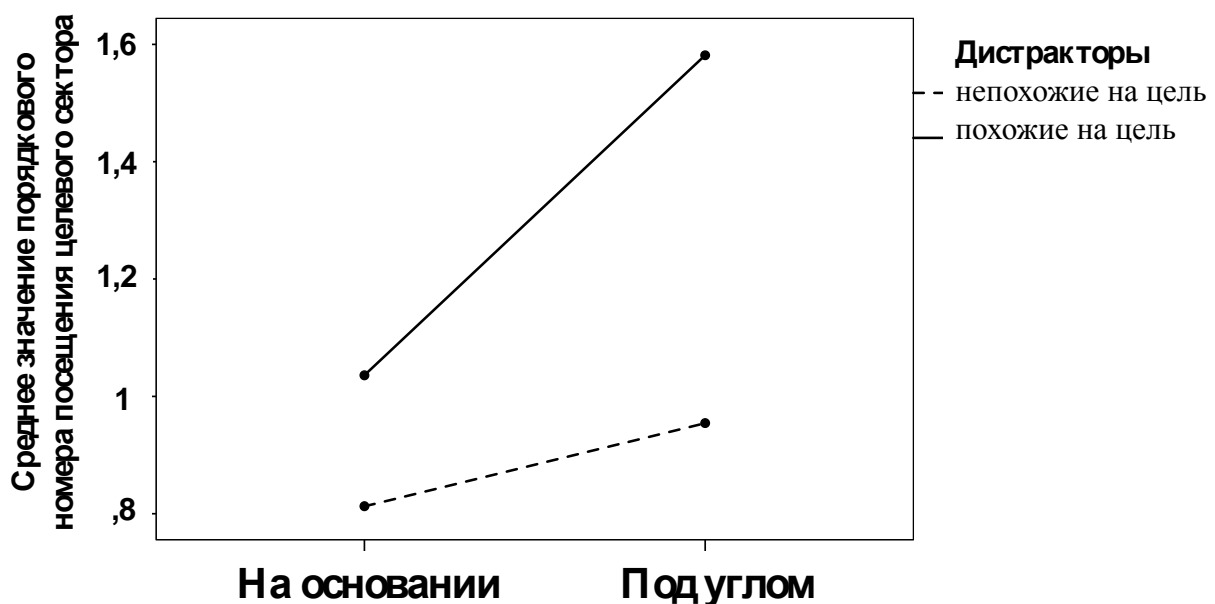


Рисунок 3. Зависимость переменной «Порядковый номер первого посещения целевого сектора» от фактора схожести дистракторов с целью и фактора пространственной ориентации стимулов.

То же можно сказать о сравнении условий похожих на цель дистракторов и четырехугольников общего вида, которые отличались от цели достаточно сильно. По этому фактору наблюдаются значимые различия: $F(1, 11)=38.5$, $p<.0001$. Взаимодействие двух указанных факторов при этом относительно небольшое: $F(1, 11)=10.6$, $p<.008$.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по времени реакции показывают тенденции, сходные с теми, которые обнаружены по параметру порядкового номера первого посещения целевой зоны. Зависимость времени ответа от фактора пространственной ориентации характеризуется значением $F(1, 11)=134$, $p<.00001$; от фактора дистрактора – $F(1, 11)=219$, $p<.00001$. Аналогично предыдущему случаю, взаимодействие факторов дистрактора и пространственного положения в данном случае невелико: $F(1, 11)=9.96$, $p=.008$.

Выводы по Исследованию 2

На скорость и эффективность экстрафовеального распознавания стимулов значительным образом влияет привычность положения фигур в пространстве, а также степень отличия целевой фигуры от дистракторов (Кричевец и др., 2017; Дренёва и др., 2017, Shvarts et al., 2019). Уровень сложности фигур, а значит, стоящих за ними понятий, был достаточно простым для того, чтобы в существенной части проб успешно использовать экстрафовеальный анализ объектов и на основе его результатов планировать саккаду в сектор с целевой фигурой (Krichevets et al., 2017; Chumachenko, Shvarts, Dreneva, 2017; Dreneva et al., 2017). Результаты свидетельствуют также о параллельной обработке всего зрительного поля (Дренёва и др., 2017).

В следующем исследовании стимулы были усложнены для проверки того, насколько сложными должны быть объекты, чтобы в большинстве случаев требовать фовеальной обработки.

Исследование 3

Частной целью было выявление особенностей экстрафовеального анализа зрительного поля на материале трехмерных фигур с варьированием факторов сходства дистракторов, пространственной ориентации стимулов, наличия тени и расположения на экране.

Метод

В качестве целевых фигур выступили 4-угольная пирамида, 5-угольная пирамида, 4-угольная призма и 5-угольная призма (Рис. 4). Все фигуры были правильными, то есть имели в основании правильные многоугольники с равными сторонами. Тип целевой фигуры – пирамида или призма – был первым варьируемым фактором. Вторым фактором выступило количество углов у целевой фигуры – четыре или пять. Третьим фактором являлся характер дистракторов: либо дистракторы того же типа, что и целевой стимул, то есть целевая пирамида предъявлялась среди пирамид, а целевая призма – среди призм (более сложное условие); либо дистракторы другого типа, то есть целевая пирамида предъявлялась среди призм, а целевая призма – среди пирамид (более простое условие). Отметим, что в каждой пробе на слайде представлены 4 фигуры: 3-угольная, 4-угольная, 5-угольная и 6-угольная. Фигуры моделировались с помощью специально написанной программы на языке Matlab. Угол направления взора к плоскости основания фигуры составлял 25° . Угол поворота (наклона) фигур относительно вертикальной оси выбирался в пробах с нестандартным положением фигур квазислучайно в диапазоне $\pm 45^\circ$ к вертикальной оси. Четвертым фактором были более реалистичные изображения фигур (с имитацией освещения фигур и тенями), либо схематичные контурные. Наконец, пятым фактором выступило расположение целевой фигуры в одном из секторов, которое выбиралось квазислучайно для каждых восьми стимулов.

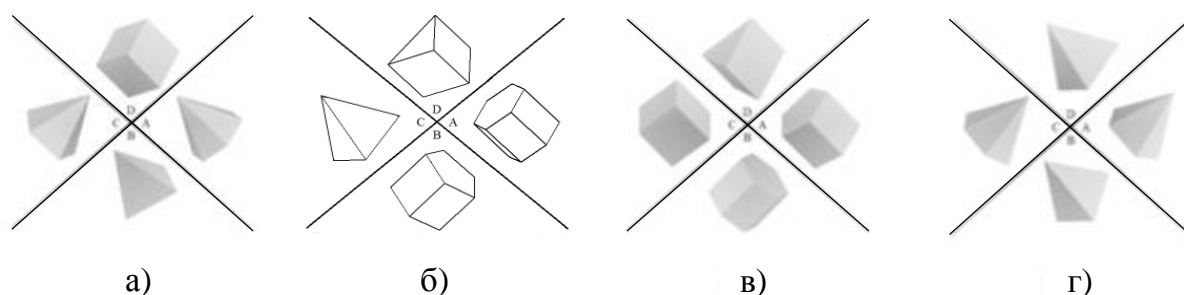


Рисунок 4. Примеры стимульных слайдов в Исследовании 3: а) Целевая 4-угольная призма среди пирамид-дистракторов (более реалистичные изображения фигур), б) Целевая 4-угольная пирамида среди призм-дистракторов (более схематичные изображения фигур), в) Целевая 5-угольная призма среди призм-дистракторов (более реалистичные изображения фигур), г) Целевая 5-угольная пирамида среди пирамид (более реалистичные изображения фигур).

Задача испытуемого аналогична таковой в предыдущих исследованиях. Каждый испытуемый прошел 128 проб, сгруппированных в блоки по 8 с одинаковым целевым стимулом. Эксперимент состоял из двух частей по 64 пробы с 10-минутным перерывом между ними.

Испытуемые

В исследовании приняло участие 12 человек в возрасте от 19 до 27 лет.

Обработка данных

Для обработки результатов этого и последующих экспериментов применен специальный критерий, который оценивает показатели группы испытуемых *в целом*, но позволяет избежать проблемы, которая возникает для критериев, оценивающих группу *в среднем*, в ситуации с разнонаправленными тенденциями поведения испытуемых (Candes, 2018; Дренёва и др., 2019). Критерий чувствителен к наличию небольшого числа испытуемых, демонстрирующих сильную выраженность исследуемого качества.

В данном случае мы рассчитывали для каждого испытуемого значимость отличия распределения его показателя X по всем пробам по одновыборочному Т-критерию от показателя X_0 , соответствующего гипотезе H_0 о случайном выборе направления саккады. В случае, когда гипотеза H_0 верна, значимость является равномерно распределенной случайной величиной. Согласованность распределения значимостей по всем испытуемым в целом с равномерным распределением проверялась критерием Колмогорова-Смирнова.

Результаты Исследования 3

Суммарно обработано 1535 проб. Поскольку в качестве основных варьируемых факторов выступили тип целевой фигуры и характер дистракторов, мы проанализировали четыре варианта их сочетания. Приведем их в порядке усложнения.

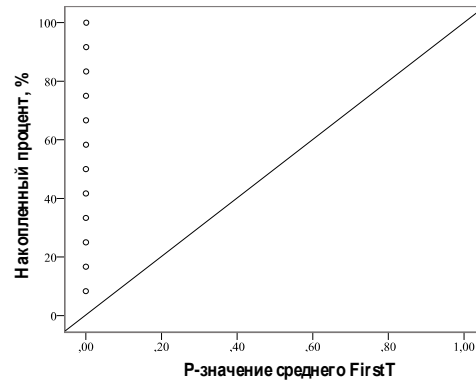
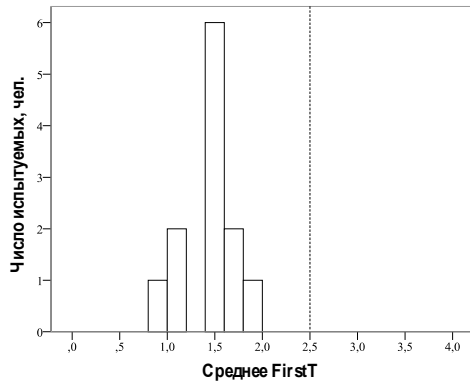
Вариант 1. Целевая призма среди пирамид (Рис. 4а)

Такой вариант наиболее прост в силу очевидных различий между целью и дистракторами. Разброс средних значений показателя FirstT по субъектам меняется от 0.97 ($t(31)=12.9$, $p<.00001$) до 1.91 ($t(31)=3.8$, $p=.001$). Усредненное значение средних FirstT по субъектам составило 1.44 ($t(11)=11.17$, $p<.00001$). Все участники демонстрируют способность использовать экстрафовеальный

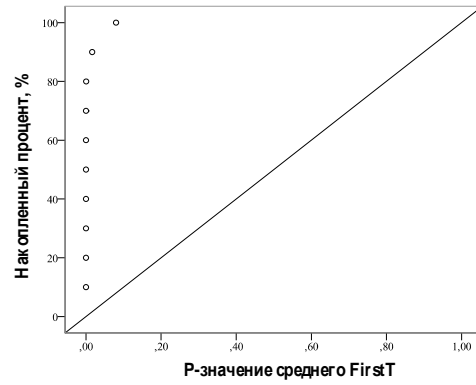
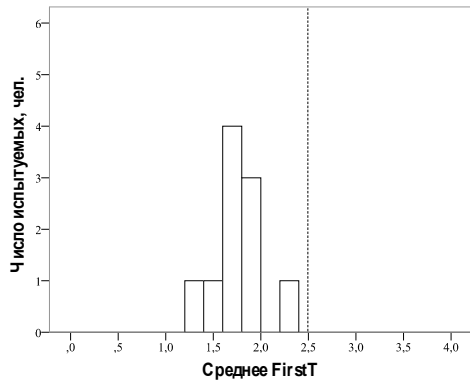
анализ зрительного поля: более чем в половине проб первая саккада направлена к целевой фигуре или же саккады вообще не совершаются. Среднее FirstT у всех участников значимо меньше 2.5 (Рис. 5а, слева), а значимости t-статистики не превышают .001 (Рис. 5а, справа). Лишь один ответ одного из испытуемых был неверным.

Статистика распределения значимостей показывает значение $D(12)=.99$, $p<.00001$ при абсолютно тривиальном графике (Рис. 5а, справа): визуализация метакритерия показывает, что все p-значения (обозначаемые кружками) t-статистики различий между индивидуальными средними FirstT и 2.5 расположены около нуля. В скобках после параметра D здесь и далее приводится число степеней свободы.

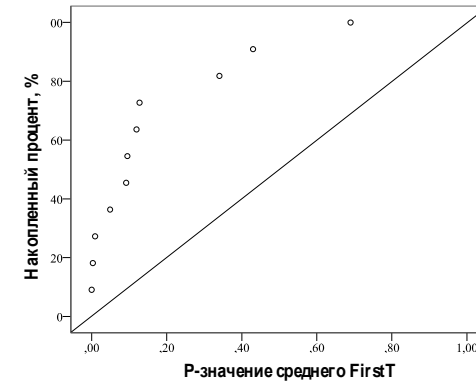
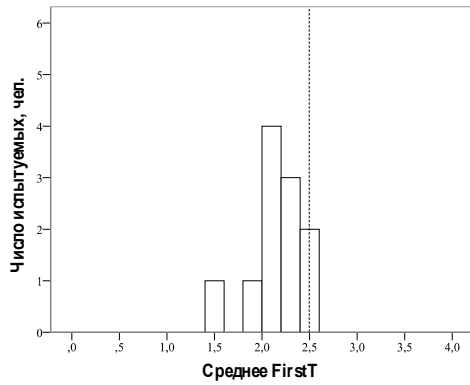
Анализ влияния фактора обучения обнаружил разнонаправленность тенденций у разных испытуемых. Так, коэффициент корреляции Пирсона с номером пробы демонстрирует возрастание значения FirstT у двух участников и его убывание у остальных испытуемых. Статистика распределения значимостей при этом следующая: $D(12)=.345$, $p=.1$.



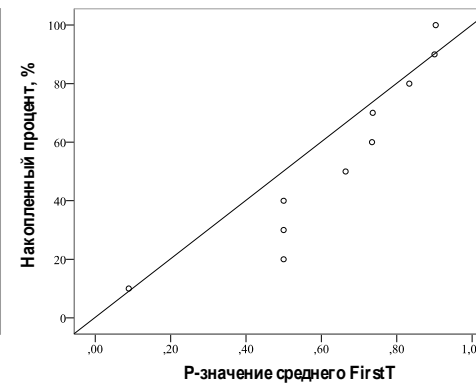
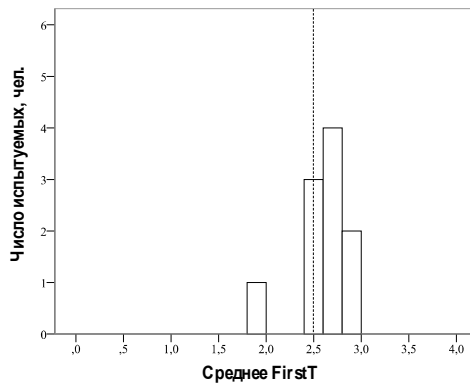
а) Целевая призма среди пирамид



б) Целевая пирамида среди призм



в) Целевая призма среди призм



г) Целевая пирамида среди пирамид

Рисунок 5. Распределение индивидуальных средних FirstT по всем испытуемым (слева) и кумулятивное распределение значимостей t-статистики между средним FirstT и 2.5 по каждому испытуемому (справа) в условиях а) целевой призмы среди пирамид, б) целевой пирамиды среди призм, в) целевой призмы среди призм, г) целевой пирамиды среди пирамид.

Вариант 2. Целевая пирамида среди призм (Рис. 4б)

Эта комбинация также является достаточно простой для решения, так как цель отличается от дистракторов довольно сильно. Несмотря на это, двое испытуемых совершили ошибки почти в половине проб, в связи с чем их результаты в общем анализе не учитывались по причине искажения средних результатов.

Значения средних FirstT по участникам варьировали от 1.38 ($t(31)=8.9$, $p<.00001$) до 2.24 ($t(31)=1.46$) (Рис. 5б, слева), а усредненное значение составило 1.76 ($t(9)=9$, $p<.00001$). Статистика распределения значимостей показывает $D(10)=.92$, $p<.000001$ (Рис. 5б, справа).

Динамика изменения данного показателя вновь носит разнонаправленный характер: трое участников демонстрируют его увеличение на протяжении эксперимента, при этом у одного из них значимость корреляции составляет .04; у остальных наблюдается убывание показателя, при этом у одного из них корреляция значима на уровне .015. Распределение значимостей по группе равняется $D(10)=.242$, p близко к единице. В среднем, в процессе эксперимента время выполнения пробы сокращается на 2 сек, но у некоторых испытуемых наблюдается и увеличение времени выполнения задания.

Даже в этом достаточно простом условии можно наблюдать два совершенно противоположных случая на примере результатов участников II и V: среднее FirstT испытуемого V равнялось 1.38, а мода распределения FirstT – 1, в то время как у испытуемого II аналогичные значения показателей составили 2.24 и 2 соответственно. Эти данные показывают, что если у V первым практически всегда посещался целевой сектор, то у II целевой сектор мог быть посещен первым, вторым, третьим или даже четвертым.

Вариант 3. Целевая призма среди призм (Рис. 4в)

Это условие является более сложным, чем два предшествующих, поскольку типы фигуры-цели и фигур-дистракторов совпадают. Возникновение трудностей распознавания и поиска можно увидеть по увеличению

усредненного значения FirstT по всем испытуемым, которое составило 2.19 ($t(10)=3.78$, $p=.004$) при диапазоне от 1.58 ($t(30)=5.15$, $p=.0002$) до 2.59 ($t(31)=-0.5$, $p=.61$) (Рис. 5в, слева). Это означает, что некоторые участники могли уже не использовать данные экстрафовеального анализа при решении задач этого условия. Количество ошибок при этом невелико: двое испытуемых совершили около 15% ошибок, остальные – не более 3%. Несмотря на то, что тип всех фигур идентичен, небольшое количество ошибок свидетельствует о невысоком уровне сложности зрительного поиска. В случае призм это может быть объяснено тем, что их основания всегда остаются видимыми, а значит, может быть пересчитано количество углов.

Анализ влияния обучения снова обнаруживает разнонаправленные тенденции: у четырех испытуемых наблюдается улучшение FirstT, у семи – ухудшение. Статистика распределения значимостей характеризуется смещенностью в правую сторону с преобладанием тенденции к ухудшению основного параметра. Аналогичная тенденция наблюдается для параметра времени выполнения проб.

Вариант 4. Целевая пирамида среди пирамид (Рис. 4г)

Поскольку данное условие крайне трудно, количество ошибок у большинства испытуемых значительно: девять из них дали около половины неверных ответов ($M=13.8$, $SD=7.3$); и лишь у трех испытуемых наблюдается небольшое количество ошибок – 0, 3 и 4.

Средние значения параметра FirstT превышают 2.5 при отсутствии его убывающей динамики на протяжении эксперимента (Рис. 5г). Сокращение значений наблюдается по показателям времени ответа и общего количества фиксаций.

Несмотря на небольшое число проб с правильными ответами, мы, тем не менее, приведем основные результаты, следуя логике изложения данных по предыдущим трем условиям. Усредненное значение FirstT по всем испытуемым составило 2.75 ± 0.14 , $t(9)=1.36$, $p=.207$, и оно не улучшалось с течением эксперимента. По отдельным испытуемым FirstT варьировал от 2.08 ($t(9)=1.5$, $p=.09$) до 2.94 ($t(17)=-.14$, $p=.193$) (Рис. 5г, слева). Метакритерий распределения значимостей показал значение $D(10)=.44$, $p=.021$ (Рис. 5г, справа), что

свидетельствует о необходимости многократного фовеального анализа стимулов для некоторых испытуемых.

Результаты по данному условию показывают значительные затруднения испытуемых при выборе ответа. Это выражается в достаточно долгом рассматривании и сравнении возможных ответов между собой, а также практически полном отсутствии автоматизации выбора эталонной фигуры. Роль экстрафовеального анализа, по всей видимости, стремится к нулю и практически не оказывает влияния на выбор направления первой саккады. Можно предположить, что при таком сложном условии экстрафовеальное распознавание требует слишком много времени и ресурсов и потому оказывается не в состоянии управлять процессом программирования саккад.

Выводы по исследованию 3

Результаты Исследования 3 выявили влияние факторов типа целевой фигуры, типа дистракторов и обучения, а также послужили основой для перспектив и гипотез Исследования 4.

Исследование 4

Частной целью Исследования 4 выступило более детальное изучение процессов экстрафовеальной обработки в наиболее сложном условии предыдущего эксперимента. Поскольку результаты предшествующего исследования показали отсутствие участия экстрафовеального анализа в распознавании пирамид, данный эксперимент организован для выяснения того, могут ли меняться характеристики и степень вовлеченности экстрафовеального анализа в ходе обучения. Для этой же цели в эксперименте была введена специальная серия с запретом на движения глаз из центра экрана.

Стимулы представляли собой слайды с 3-, 4-, 5- и 6-угольной крашенными (с тенями) пирамидами (Рис. 4г). Варьировались следующие параметры: целевая фигура (4- или 5-угольная пирамида), возможность движений глаз, ориентация стимула в пространстве, расположение в одном из четырех секторов. Последние два фактора варьировались квазирандомизированным образом.

Общее количество проб составило 160: две части по 80 проб с 10-минутным перерывом между ними. Внутри частей выделялись также серии по 8

проб с одинаковым целевым стимулом. Каждые 8 проб менялась целевая фигура: сначала 4-угольная пирамида, затем 5-угольная.

Задачей испытуемого было как можно быстрее найти целевой стимул, нажать на пробел и назвать букву целевого сектора.

Наибольший интерес в этом исследовании представляла серия 10 (пробы со 145-й по 160-ю), в которой по инструкции запрещалось смотреть куда-либо, кроме центральной области. Введение такой серии позволило изучить параметры исключительно экстрафовеального анализа. Пробы, в которых обнаружались фиксации за пределами центральной зоны, были удалены из анализа.

Испытуемые

В выборку вошло 18 человек в возрасте от 18 до 25 лет.

Результаты Исследования 4

По итогам анализа количества правильных ответов участники разделены на две группы. В первую из них вошло 7 человек, допустивших большое количество ошибок (около половины). Для этой группы расчет среднего показателя количества посещенных секторов до целевого не проводился. Ко второй группе отнесены 11 человек, у которых большинство ответов были правильными: у всех более 63%; в среднем, около 76%. Далее приведены результаты только по второй группе испытуемых участники которой дали в основном правильные ответы в большинстве проб.

Данные логистической регрессии процента правильных ответов к номеру пробы по обучающим сериям показывают разнонаправленные тенденции: у семи испытуемых положительные значения коэффициента, у четырех – отрицательные. Распределение значимостей регрессионных коэффициентов следующее: $D(11)=.453$, $p=.02$.

Из приведенных коэффициентов пять показателей имеют значимость менее .05, но только одна из них сохраняется после поправки Бонферрони на множественные сравнения, у остальных значения начинают превышать 0.1. В случае применения биномиального критерия с границей 0.1, вероятность получить пять или более результатов из одиннадцати, которые имели бы значимость менее 0.1, будет составлять .0003. Распределение значимостей составило $D(11)=.352$, $p=.1$; динамика изменения индивидуальных показателей

следующая: у шести испытуемых количество ошибок сокращается (из них у двоих точная значимость менее .05), у двоих увеличивается, у троих не меняется.

Одновыборочный T-критерий относительно 2.5 показывает следующие показатели значимостей для обучающих серий: минимальная составляет 2.13; $D(11)=.28$, $p>.1$. Анализ динамики изменения показателя FirstT для обучающих серий выявил слабую тенденцию к его улучшению, однако по отдельным испытуемым наблюдается разнонаправленность изменений. У шести человек значение показателя растет в ходе эксперимента. Значимости регрессионных коэффициентов по сериям 3-8 следующие: $D(11)=.175$, $p>.1$. Аналогичные тенденции обнаружены по результатам выполнения контрольных серий. Средние значения показателя FirstT варьируют от 1.81 до 2.78. $D(11)=.25$, $p>.1$.

По 10-й серии, в которой инструкцией вводился запрет на движения глаз, обнаружены следующие результаты. По всем участникам, в среднем, получено .71 правильных ответов при частоте угадывания .25. Худшими результатами были .38 и .5; остальные испытуемые дали больше половины правильных ответов. Сравнение с биномиальным распределением по критерию хи-квадрат, соответствующему случайному угадыванию, показывает для всех участников, кроме троих, значение более 8 ($p<.005$). Статистика распределения значимостей составляет $D(11)=.74$, $p<.001$. Результаты убедительно свидетельствуют о том, что распознавание цели с помощью экстрафовеального анализа происходит значительно чаще случайного угадывания.

Кроме того, проведено сравнение количества просмотренных зон после достижения целевой (количество переключений между зонами) во 2-й и 9-й сериях. В среднем по всем участникам, данный показатель изменился с 3.49 до 2.82. Распределение значимостей, полученных применением парного T-критерия, показывает $D(11)=.402$, $p=.045$.

Выводы по Исследованию 4

Можно заключить, что условие сложных трехмерных фигур (пирамид) вызвало трудности у всех испытуемых (увеличилось количество посещенных секторов и фиксаций в целом, снизилась эффективность экстрафовеального анализа в пробах, где можно было переводить взгляд). Анализ проб с запретом на движения глаз показал, что экстрафовеальный анализ вполне возможен для

большинства испытуемых, однако же в силу определенных причин подавляется ими, когда запрета на движения глаз нет. Вероятно, в случае сложных стимулов экстрафовеальная обработка поля занимает достаточно много времени и не успевает повлиять на процесс программирования саккад. Важным выводом стало обнаружение модификации поведения при решении задачи у испытуемых, причем у каждого субъекта это изменение носило индивидуальный характер (Дренёва и др., 2018, 2019).

Для проверки гипотезы о том, влияет ли релевантный опыт на эффективность и паттерны движений глаз в поисковой задаче, организован заключительный эксперимент серии.

Исследование 5

Выделены две **частные цели**: во-первых, рассмотреть влияние прошлого опыта, включавшего длительную и активную работу со схематическими изображениями трехмерных фигур, на параметры глазодвигательной активности; во-вторых, проверить предположение об обучении экстрафовеальному анализу и определить динамику его изменения, для чего была добавлена дополнительная контрольная серия без движений глаз.

Для исследования пластичности экстрафовеального анализа и его динамики на протяжении эксперимента мы проанализировали четыре параметра: 1) динамику изменения среднего FirstT от начала к концу эксперимента по каждому испытуемому; 2) динамику изменения общего времени выполнения пробы; 3) динамику изменения количества правильных ответов; и 4) характеристики решения задачи в усложненном условии с запретом на движения глаз из центра экрана и их динамику от первой ко второй такой серии.

Метод

Использовались те же слайды со стимулами, что и в Исследовании 4 (Рис. 4г). Различалось количество серий – 9 серий по 16 проб, а также наличие двух серий с запретом на движения глаз – 2-й и 9-й. В них же угол взора к плоскости основания был 35 градусов для оценки качества переноса навыка распознавания пирамид на новые изображения фигур.

Задачей испытуемого было как можно быстрее найти целевой стимул, нажать на пробел и назвать букву целевого сектора.

Предъявлено 144 слайда: в первой половине 80, во второй – 64; между ними был небольшой перерыв в течение 5-15 минут. Всего предъявлено 9 серий из 16 слайдов, при этом во 2-й и в 9-й сериях вводился запрет на движения глаз за пределами центральной зоны.

Испытуемые

Выборка была поделена на две группы: «экспертов» (имеющих техническое образование – математики, физики, программисты) и «новичков» (психологов). В первую группу вошло 15 человек, во вторую – 17 человек.

Результаты Исследования 5

По результатам эксперимента проанализировано 4162 пробы по 29 испытуемым. Пробы еще троих участников были испорчены из-за технической неисправности. Анализ количества правильных ответов в целом по всем сериям показал следующие результаты: в группе «экспертов» в среднем было дано 74.2% правильных ответов, в группе «новичков» – 70.1%, что подтверждает значительную сложность поисковых задач. Анализ средних выявил отсутствие значимых различий между двумя группами. В среднем обе группы демонстрируют существенное и одинаковое использование экстрафовеального анализа (совокупный результат $t(28)=5.3$, $p=.0000014$). Однако большой разброс результатов весьма интересен: он есть следствие больших индивидуальных различий (которые на сериях в общей сложности 96 проб фиксируются совершенно устойчиво). Показатель D критерия Колмогорова-Смирнова по двум группам в совокупности: $D=.49$ при $p=.0000006$ (наилучшим значимостям в группе «новичков» соответствует минимальное значение FirstT – 1.72, в группе «экспертов» – 2.04).

Среди результатов контрольных серий 2 и 9 (с запретом на движения глаз) отфильтрованы только те пробы, в которых фиксации вне центральной зоны не наблюдалось. Далее мы составили выборки индивидуальных частот по второй и девятой сериям. Различия средних между группами «экспертов» и «новичков» минимальны (.56 и .57 во второй серии и .68 и .69 в девятой соответственно). Объединив группы, получаем, что среднее индивидуальных частот правильных ответов значительно выше в 9-й серии, по сравнению со 2-й: .68 и .56

соответственно ($t(28)=7.07$, $p<.000001$). Далее мы сравнили эти наборы частот с частотой 0.5, которая соответствует случайному угадыванию целевой фигуры при предшествующем правильном определении пары схожих с целевой фигур. Результаты одновыборочного t-критерия по объединенной выборке таковы:

По второй серии среднее значение частот .56, $t(28)=1.47$, $p=.15$. По девятой серии – .68, $t(28)=7.1$, $p<.000001$.

Выводы по исследованию 5

Результаты позволяют заключить, что распознавание сложных геометрических фигур, а также уровень эффективности экстрафовеального анализа не имеют прямой зависимости от образовательного профиля (Dreneva et al., 2019, 2021).

Кроме того, выявлено определенное научение экстрафовеальному анализу у большинства испытуемых, которое выразилось в большем числе правильных ответов во второй контрольной серии, по сравнению с первой.

В Общем обсуждении обобщаются основные результаты серии исследований и соотнесение их с данными литературы, подводятся итоги проверки гипотез.

В контексте закономерностей и механизмов работы восприятия удалось подтвердить результаты других исследований. Например, было показано, что фактор сходства цели и дистракторов довольно сильно влияет на параметры скорости и правильности ответа (Alexander, Zelinsky, 2011; Reingold, Glaholt, 2014), а в контексте данного исследования – также и на количество фиксаций и числа посещенных секторов с фигурами (Кричевец и др., 2017; Дренёва и др., 2019).

Другим фактором является пространственная ориентация стимулов: инверсия типичной пространственной ориентации (Enns, Shore, 1997), ее зеркальное отражение (Gregory, McCloskey, 2010), экологичность освещения стимулов (Ramachandran, 1988; Enns, Rensink, 1990), а также – что было показано и в наших исследованиях – прототипичность расположения стимулов или ее отсутствие (Rosch, 1975; Hershkowitz, 1989; Кричевец и др., 2017).

В рамках исследования проанализированы аспекты внимания. Скрытое внимание наблюдалось в ситуации простых фигур и выраженных различий между целью и дистракторами (Treisman, Gormican, 1988; Кричевец и др.,

2017). Форсированное использование участниками скрытого внимания можно увидеть в четвертом и пятом экспериментах в специальных пробах с запретом на движения глаз.

Удалось показать, что при строгом условии запрета на фовеальное изучение фигур внимание способно перемещаться от фигуры к фигуре, обеспечивая эффективность распознавания, сопоставимую с таковой в обычных пробах. Эта находка важна также тем, что она демонстрирует определенные когнитивные установки испытуемых: спустя некоторое количество проб у участников формировалась установка, что задача является крайне сложной и непременно требует тщательного фовеального изучения фигур. Эта установка явным образом отражена в количестве зон, посещенных до целевой, превысившем число посещений при случайном угадывании. Установка на высокую сложность не позволяла полагаться на экстрафовеальный анализ даже испытуемым, успешно справлявшимся с задачей. В случае же запрета на движения глаз эффективность поиска не снижалась, что указывает на успешное функционирование скрытого внимания.

Параллельное распределение внимания между несколькими стимулами с очевидностью продемонстрировано в первых экспериментах с простыми формами и контрастными фигурами: полное отсутствие саккад или единичная саккада в целевую зону указывают на быструю параллельную обработку всех четырех стимулов, предшествующую принятию решения о направлении следующей саккады.

Поскольку в экспериментах использовались геометрические фигуры, и в ряде случаев довольно сложные, можно говорить о вовлеченности мышления и, в частности, категоризации в процесс решения поисковой задачи. Влияние механизмов top-down на процесс восприятия было показано и в других работах (Rosenholtz, Huang, Ehinger, 2012). Например, на материале сцен реального мира (Cimminella, Della Sala, Cocco, 2020) выявлено, что семантика объектов обрабатывалась экстрафовеально и затем использовалась для управления программированием саккад в top-down-манере. Применительно к настоящему исследованию, похожие результаты были получены Yang и Zelinsky (2009), которые показали, что задача поиска категориально заданного объекта среди

изображений произвольных бытовых предметов может быть решена экстрафовеально.

Наконец, выявлены индивидуальные особенности испытуемых, их когнитивные и перцептивные стратегии, а также ситуационная мотивация на выполнение задачи (Дренёва, 2020; Дренёва, Кричевец, 2021). Такие тенденции согласуются с результатами других исследований (Gandini, Lemaire, Dufau, 2008; Fromer et al., 2015; Волкова, Гусев, 2018).

На наличие межиндивидуальных различий указывают также данные статистического анализа распределения значимостей. Во-первых, по некоторым испытуемым нами получены значимости, выдерживающие поправку Бонферрони, которые характеризуют разнонаправленные тенденции. Во-вторых, обнаружены кластеры значимостей, определяющих расходящиеся тенденции. В-третьих, с помощью визуализации эмпирической кумулятивной функции распределения (критерия Колмогорова-Смирнова) выявлены группы участников, скорее использующих фовеальный анализ, и группы, скорее полагающихся на данные экстрафовеального анализа.

В Заключение подводятся итоги проведенной работы, рассматриваются перспективы дальнейших исследований в данной области.

Выводы:

1. Результаты решения задач на материале выражено различающихся между собой геометрических форм показали наличие эффективного экстрафовеального распознавания изображений у всех испытуемых. Те же тенденции обнаружены при решении относительно простых задач категориального поиска на материале двумерных геометрических фигур (прямоугольник, квадрат, ромб, параллелограмм). В этом случае глазодвигательная активность в значительной степени определяется нижним уровнем обработки информации – экстрафовеальным анализом стимулов, который оказывается вполне достаточным для решения задачи.
2. Серия исследований позволила обнаружить значительные межиндивидуальные различия при решении задач всех уровней сложности, отражающие зависимость применения экстрафовеального анализа при планировании саккад от индивидуальных особенностей испытуемых и их

отношения к задаче и ситуации эксперимента. Межиндивидуальные различия проявились в использовании индивидуальных стратегий решения и разной степени вовлеченности экстрафовеального анализа в процессы программирования саккад.

3. В ситуации задач среднего и высокого уровней сложности наблюдается качественное различие в индивидуальных стратегиях, выражаемое в наличии или отсутствии роли экстрафовеального анализа в дальнейшем программировании саккад у конкретных испытуемых. Это различие определяется индивидуальными особенностями, отношением к задаче и ее спецификой.
4. Изменение инструкции, постулирующее запрет на движения глаз из центральной области, обнаруживает возможность использования экстрафовеального анализа даже теми испытуемыми и даже в тех пробах, где в свободных условиях он не применялся. Это позволяет сделать вывод о его принципиальной применимости и эффективности даже в задачах высокого уровня сложности, а также о возможности контроля механизмов первичной обработки в восприятии и категориальном поиске.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основное содержание диссертационного исследования отражено в 8 публикациях автора (общий объем 9,06 п.л., авторский вклад 6,51 п.л.).

Публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science, Scopus, RSCI, а также в рецензируемых научных изданиях из перечня рекомендованных Минобрнауки России, утвержденных Учёным Советом МГУ для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 19.00.01 – Общая психология, психология личности, история психологии (общий объем 8.41 п.л.; авторский вклад 6.35 п.л.):

1. Dreneva, A. Extrafoveal Processing in Categorical Search for Geometric Shapes: General Tendencies and Individual Variations / A. Dreneva, A. Shvarts, D. Chumachenko, A. Krichevets // Cognitive Science. – 2021. – Т. 45. – №. 8. – С. e13025. (2 п.л./1.5 п.л.). **SCOPUS SJR – 1.5.**
2. Dreneva, A. Attention trade-off for localization and saccadic remapping / A. Dreneva, U. Chernova, M. Ermolova, W.J. MacInnes // Vision. — 2021. — Vol. 5, no. 2. — P. 24–24. (0.95 п.л./0.7 п.л.). **SCOPUS SJR – 0.54.**

3. Дренёва, А.А. Возможности и ограничения экстрафовеального восприятия: аналитический обзор / А.А. Дренёва, А.Н. Кричевец // Сибирский психологический журнал. — 2021. — № 81. — С. 79–106. (1.25 п.л/1.1 п.л.). **SCOPUS SJR 0.15.**
4. Дренёва, А.А. Анализ индивидуальных стратегий категориального зрительного поиска / А.А. Дренёва, А.Н. Кричевец // Сенсорные системы. — 2021. — № 2. — С. 135–143. (0.9 п.л/0.7 п.л.). **ИФ РИНЦ – 0.217; RSCI.**
5. Дренёва, А.А. Категориальный поиск трехмерных фигур испытуемыми с разным уровнем математической экспертизы / А.А. Дренёва // Национальный психологический журнал. — 2020. — № 1. — С. 57–65. (0.95 п.л/0.95 п.л.). **ИФ РИНЦ – 1.422.**
6. Дренёва, А.А. Экстрафовеальный анализ категориально заданных трехмерных фигур / А.А. Дренёва, А.Н. Кричевец, Д.В. Чумаченко, А.Ю. Шварц // Сибирский психологический журнал. — 2019. — № 72. — С. 68–92. (1.46 п.л/1.1 п.л.). **SCOPUS SJR 0.15.**
7. Дренёва, А.А. Возможности экстрафовеального восприятия геометрических фигур / А.А. Кричевец, А.Ю. Шварц, Д.В. Чумаченко, А.А. Дренёва // Вопросы психологии. — 2017. — № 6. — С. 117–128. (0.9 п.л./0.3 п.л.) **SCOPUS SJR – 0.22.**

Научные публикации в других изданиях:

8. Dreneva, A. From prototypical phenomenon to dynamic functional system: Eye-tracking data on the identification of special quadrilaterals / A. Shvarts, D. Chumachenko, A. Dreneva, A. Krichevets // Proceedings of the PME and Yandex Russian conference “Technology and Psychology for Mathematics Education”. — HSE Publishing House Moscow. – 2019. - P. 122–129. (0.65 п.л./0.16 п.л.).

Тезисы:

Dreneva, A. Extrafoveal perception of geometric shapes in adults and children / A. Krichevets, D. Chumachenko, A. Dreneva, A. Shvarts // Journal of eye movement research. — 2017. — Vol. 10, no. 6. — P. 187–187. **IF WoS – 1.0; SCOPUS SJR – 0.25.**

Dreneva, A. Individual differences in children’s learning through eye-tracking experiment / D. Chumachenko, A. Shvarts, A. Dreneva // Journal of eye movement research. — 2017. — Vol. 10, no. 6. — P. 204–204. **IF SCI – 1.0; SCOPUS SJR – 0.25.**

Dreneva, A. What can and what cannot be perceived extrafoveally / A. Dreneva, A. Shvarts, D. Chumachenko, A. Krichevets // Journal of eye movement research. — 2017. — Vol. 10, no. 6. — P. 188–188. **IF SCI – 1.0; SCOPUS SJR – 0.25.**