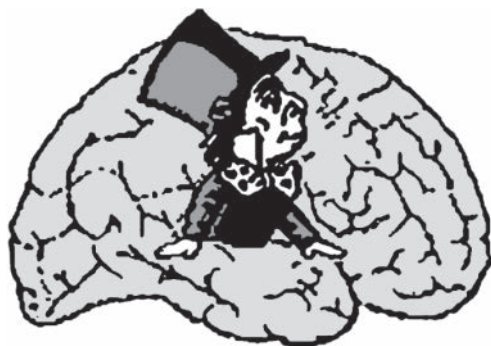


КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ  
**НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**



**МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

## ЧТО МОЖЕТ БЫТЬ ВОСПРИЯТО ЭКСТРАФОВЕАЛЬНО?

А. А. Дренева, А. Н. Кричевец\*, Д. В. Чумаченко, А. Ю. Шварц

[ankrich@mail.ru](mailto:ankrich@mail.ru)

Факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию роли движений глаз и фиксаций взгляда при решении визуально заданных задач, связанных с математическими понятиями. В первой экспериментальной серии показано, что распознавание простых геометрических форм производится экстрафовеально, то есть без фиксаций целевой фигуры и вообще без движений глаз. Сформулировано предположение, что фиксация целевого стимула в таких условиях требуется лишь для подтверждения гипотезы, которая сформирована испытуемым благодаря экстрафовеальному восприятию. Во второй экспериментальной серии исследуются факторы, затрудняющие экстрафовеальное восприятие: характер дистракторов, положение цели на плоскости экрана. Сходство целевой фигуры с дистракторами, нестандартный поворот фигур увеличивают время поиска и количество фиксаций. Также выявлены значительные индивидуальные различия в стратегиях решения задач; их предполагаемая связь с личностными чертами и отношением испытуемых к экспериментальной задаче требует дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** периферическое восприятие, движения глаз, саккады, математические понятия, математическое образование, геометрические фигуры

Исследование поддержано РФФИ, проект №15-06-06319.

### Введение

Множество опубликованных в последнее время работ прямо или косвенно свидетельствуют о том, что при восприятии обрабатывается визуальная информация, поступающая через периферические зоны сетчатки. Например, уже в пионерском исследовании движений глаз при восприятии (Ярбус, 1965) показано, что траектория движения взгляда зависит от задачи, которая стоит перед наблюдателем. Это значит, что точка «приземления» готовящейся саккады выбирается в соответствии с задачей, а это значит, что некоторая зона вокруг этой точки (а возможно, и все рецептивное поле) содержательно обработана до саккады. При изучении процесса чтения убедительно показано, что обрабатываются около 15 знаков справа и 4 знаков слева от точки фиксации взгляда (причем размер шрифта слабо влияет на эти параметры) (Radach, Kennedy, 2013), и, стало быть, многие знаки и даже слова вообще не попадают в близкую окрестность точек фиксации.

Что именно может обрабатываться экстрафовеально? В лекциях по общей психологии А.Н. Леонтьева (Леонтьев, 2000) вскользь упоминается экспериментальный факт: при тахистоскопическом предъявлении шахматной позиции

шахматисты высокого уровня могут с одного взгляда оценить, чья позиция сильнее, не запоминая при этом расположения фигур. В недавней работе (Sheridan, Reingold, 2014) получен ясный, но более простой результат. Испытуемым (начинающим игрокам и мастерам) предлагалась задача: на доске 4×4 располагались конь и целевая клетка, куда он должен был переместиться за три хода. На доске находилась еще одна фигура, которая могла занимать одну из клеток, через которые пролегли шаги коня, и тем самым не позволяла решить задачу перемещения. Испытуемые оценивали, возможно ли перемещение коня на целевую клетку. Запись движений глаз показала, что мастера достаточно часто фиксируют центральную точку доски, после чего дают правильный ответ, то есть проводят экстрафовеальный анализ изображения, в то время как новички прослеживают взглядом возможные траектории движения фигуры. Как нам представляется, восприятие изображений, связанных с математическими понятиями, также в той или иной степени определяется этой альтернативой: последовательное прослеживание против приобретаемой в опыте способности заменить эту последовательность симультанным восприятием. В частности, показано, что восприятие количества разбросанных точек вплоть до 4-х – 5-ти возможно без движений глаз (subitizing) (Watson et al., 2007), при этом эта способность развивается с возрастом (Dehaene, 2011). Также уровень экспертизы влияет на количество саккад, необходимых для восприятия точек на декартовых координатах (Krichevets et al., 2014).

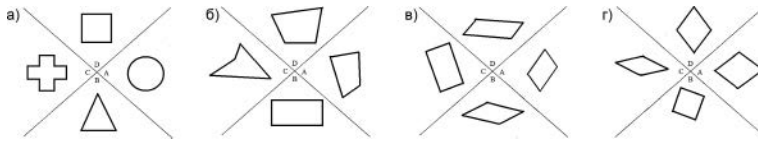
Общая задача серии наших исследований, первое из которых представлено в данной статье, состоит в том, чтобы определить, какие из визуализированных аспектов математических понятий могут быть обработаны экстрафовеально (в дальнейшем учитывая также и «степень экстрафовеальности»), а какие требуют серии фиксации.

## Методика

**Описание процедуры.** Для записи движений глаз использовалась установка SMI RED с частотой регистрации положения взгляда 120 Гц. Запись производилась программой IViewX, стимулы предъявлялись в Experiment Center 3.3. Глаза испытуемых размещались на расстоянии 60 см от экрана монитора. Эксперименту предшествовала 9-точечная калибровка с валидизацией, испытуемые допускались к участию в основной серии только после достижения калибровочной точности в 0.5 градуса.

Были проведены две экспериментальные серии. В обеих сериях фигуры предъявлялись в четырех секторах экрана (рис. 1), имеющего размер 19 дюймов по диагонали разрешением 1024×1280 пикселей. Расстояние от центра экрана, где находилась стартовая точка фиксации взгляда испытуемого, до ближайшей точки каждой фигуры колебалось в зависимости от формы фигуры от 4 до 6 угловых градусов. Все поле стимулов занимало квадрат 30 на 30 градусов с центром в точке фиксации.

**Предварительная серия.** Испытуемому предъявлялись на экране квадрат, круг, треугольник и крест (пример на рис. 1а). Задачей было найти целевую фигуру (квадрат, круг или треугольник), нажать на клавиатуре пробел и назвать



**Рисунок 1.** Пример расположения стимулов на экране в предварительной (а) и основной (б, в, г) экспериментальных сериях

букву, помечающую тот сектор, где находится целевая фигура. В 24 пробах (сгруппированных в блоки по 4 с одинаковым целевым стимулом) задавались все возможные размещения четырех фигур по четырем секторам, а целевые фигуры каждого вида появлялись по два раза в каждой позиции. Предварительная серия использовалась для проверки, что в простом случае эта задача действительно решается экстрафовеально.

**Основная серия.** Задачей испытуемого было находить квадрат или прямоугольник среди четырех четырехугольников, предъявлявшихся в разных частях экрана (см. рис. 1б, в, г). Целевая фигура задавалась вербально, то есть от испытуемого требовалось сопоставить предъявленные фигуры с его представлениями о данном математическом понятии. Целью нашего эксперимента было выявление факторов, затрудняющих экстрафовеальное восприятие. Мы варьировали три параметра: 1) положение целевой фигуры (с горизонтальным основанием или повернутая), 2) характер дистракторов (сильно отличающиеся фигуры – четырехугольники общего вида – или понятийно близкие к целевой фигуре – параллелограммы или ромбы), а также 3) целевую фигуру (квадрат, прямоугольник).

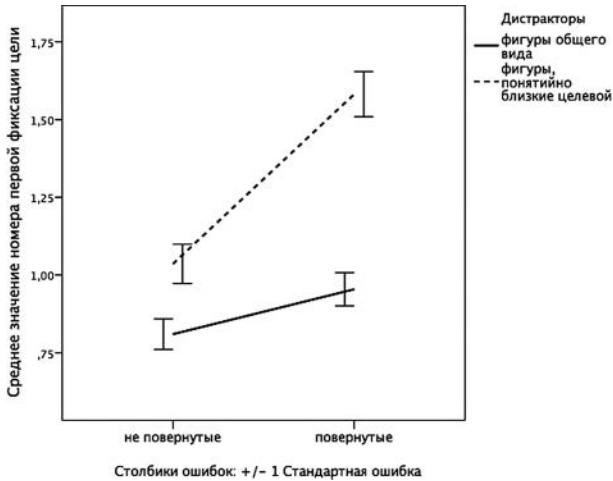
**Испытуемые.** В исследовании (предварительная и основная серии) приняли участие 33 человека (17 женщин, 16 мужчин, возраст испытуемых  $25 \pm 5$  лет) с нормальным или скорректированным до нормального зрением. Все испытуемые либо студенты, либо недавно закончили вуз.

**Обработка данных. Последовательность фиксаций на стимулах.** По каждой пробе фиксировались время и правильность ответа, а также порядковый номер первой фиксации целевой фигуры (ей присваивался номер  $n$ , если до первой фиксации целевой фигуры были просмотрены  $n-1$  фигуры).

## Результаты

В предварительной серии 20 испытуемых показали следующие результаты. Из 480 проб всех испытуемых вообще не содержали фиксаций в областях стимулов 372 (77.5%), в 72 пробах первая фиксация была в области целевой фигуры.

В основной серии среднее значение номера целевой зоны в последовательности движений взгляда – 1.09 (при ожидаемом при случайном переборе среднем, равном 2.5). Более того, каждый испытуемый в отдельности демонстрирует существенное отличие среднего от гипотетических 2.5. Значение статистики Стьюдента колеблется по испытуемым от  $t = -5.04$  ( $p = .000002$ ) до  $-24.9$  (при довольно сильной асимметрии распределения значимость пере-



**Рисунок 2.** Зависимость переменной «номер первой фиксации цели» от факторов «Дистрактор», «Прямое или повернутое положение целевого стимула» («другие» – дистракторы, имеющие сходство с целью). Отрезками обозначены стандартные ошибки.

оценивается – однако не так сильно, чтобы поставить под сомнение столь убедительный результат). При большем сходстве целевого стимула и дистракторов количество фиксации возрастает. Также растет количество фиксации при незначительном наклонном положении стимулов.

Мы провели трехфакторный дисперсионный анализ с факторами «Целевой стимул», «Прямое или повернутое положение целевого стимула» и «Характер дистрактора». Рис. 2 демонстрирует зависимость номера первой фиксации в целевой зоне от последних двух факторов. Зависимость среднего количества саккад от фактора поворота характеризуется значением  $F(1, 10) = 31.276$ ,  $p < .0003$ , а от сложности дистрактора – значением  $F(1, 10) = 37.46$ ,  $p < .0002$ . Отметим, что, несмотря на заметное «на глаз» взаимодействие факторов, соответствующее значение  $F$  не так велико ( $F(1, 10) = 8.07$ ,  $p = .018$ ). Похожим образом действуют экспериментальные параметры на переменную скорости ответа.

### Обсуждение результатов

Предварительная серия эксперимента убедительно показывает, что различие константных форм в экстрафовеальной зоне зрительного поля происходит при некоторых условиях совершенно устойчиво. При задании цели понятием требуется большее участие фовеального восприятия, особенно при отклонении вида стимула от соответствующего понятию «прототипического вида» (Presmeg, 1992) – в нашем случае это ориентация фигуры. Другой фактор, затрудняющий экстрафовеальное восприятие, – это значительное сходство дистракторов с целевой фигурой.

Также были получены существенные межиндивидуальные различия, то есть, по всей видимости, существуют индивидуальные стратегии окулomotorных действий. Мы полагаем, что обработка зависит от индивидуальных особенностей испытуемого, которые могут быть сопоставлены с его чертами личности и отношением к ситуации эксперимента. Например, некоторые испытуемые

в большей степени нуждаются в проверке выбранного ответа в зоне четкого восприятия, другим же для ответа достаточно более или менее правдоподобной «экстрафовеальной гипотезы».

## Литература

- Леонтьев А.Н. Лекции по общей психологии. М.: Смысл, 2000.
- Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965.
- Dehaene S. The number sense: How the mind creates mathematics. New York: Oxford University Press, 2011.
- Krichevets A., Shvarts A., Chumachenko D. Perceptual action of novices and experts in operating visual representations of a mathematical concept // Psychology. Journal of the High school of Economics. 2014. Vol. 11. No. 3.
- Presmeg N.C. Prototypes, metaphors, metonymies and imaginative rationality in high school mathematics // Educational Studies in Mathematics. 1992. Vol. 23. No. 6. P. 595 – 610. doi:10.1007/bf00540062
- Radach R., Kennedy A. Eye movements in reading: Some theoretical context // The Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2013. Vol. 66. No. 3. P. 429 – 452. doi:10.1080/17470218.2012.750676
- Sheridan H., Reingold E. Chess players eye movements reveal rapid recognition of complex visual patterns // Journal of Vision. 2014. Vol. 14. No. 10. P. 89. doi:10.1167/14.10.89
- Watson D.G., Maylor E.A., Bruce L.A.M. The role of eye movements in subitizing and counting // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2007. Vol. 33. No. 6. P. 1389 – 1399. doi:10.1037/0096-1523.33.6.1389

## What can be Perceived Extrafoveally?

Dreneva A. A., Krichevets A. N.\*, Chumachenko D. V., Shvarts A. Y.  
ankrich@mail.ru  
Lomonosov Moscow State University, Department of Psychology

**Abstract.** The article is dedicated to the investigation of eye movements and fixations in visually determined tasks on mathematical concepts. The first experiment shows that simple geometrical figures can be recognized extrafoveally; their perception does not require fixation on the target figure or any eye-movements. We suppose that fixation of the target stimulus is needed only for the confirmation of an extrafoveally-based hypothesis. The second experiment explores the factors that impede extrafoveal perception, namely the kinds of distractors and the position of the figures. The conceptual similarity between the target figure and distractors and the non-typical turn of a figure on the screen both increase reaction times and the number of fixations. Significant individual differences in perceptual strategies emerged; we suppose they are connected to personal features and attitudes to the experimental task, which needs further investigation.

**Keywords:** peripheral perception, eye-movements, saccades, mathematical concepts, mathematical education, geometrical figures