УДК 159.91

ГИБРИДНЫЙ ЗРИТЕЛЬНЫЙ ПОИСК ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ЦЕЛИ

Сеткин Н.С.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: nikitasetkin@gmail.com

Гибридный зрительный поиск является разновидностью зрительного поиска, для которого характерно наличие нескольких искомых целей для наблюдателя в условиях различных и уникальных нецелевых объектов. Данная статья посвящена изучению гибридного зрительного поиска через изменения параметра количества информации, обрабатываемой в зрительной рабочей памяти. В данном эксперименте объем задействующей рабочей зрительной памяти изменяется за счет изменения количества визуально предъявляемых объектов для поиска. Исследование было произведено с помощью айтрекера в лабораторных условиях. Основным анализируемым психофизиологическим показателем является средняя продолжительность фиксации взгляда на нецелевых объектах (объектах-дистракторах), а также общее время анализа изображения, выраженное в мс. Объектами для поиска были фотографии различных реальных объектов (животные, бытовые предметы, одежда и т.д.) на белом фоне с фиксированным количеством объектов в каждой пробе. Согласно полученным результатам, с увеличением информации в рабочей зрительной памяти возрастает время фиксации взгляда на каждом объекте. Данные результаты наглядно демонстрируют изменение основных показателей времени для гибридного зрительного поиска в этих условиях, при неизменном количестве и характере стимульных признаков. Таким образом, это является наглядной демонстрацией активного вовлечения процессов, происходящих в памяти, в зрительный поиск.

Ключевые слова: айтрекинг, гейзтрекинг, гибридный зрительный поиск, последовательный зрительный поиск, зрительный поиск

HYBRID VISUAL SEARCH FOR VISUAL TARGET PURPOSE

Setkin N.S.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: nikitasetkin@gmail.com

Hybrid visual search is a kind of visual search, which is characterized by the presence of several desired targets for the observer in the conditions of various and unique non-target objects. This article is devoted to the study of hybrid visual search through changes in the parameter of the amount of information processed in the visual working memory. In this experiment, the amount of active working visual memory is changed by variation of amount of visually displayed objects to search. The study was performed by eye tracker in the laboratory. The main psychophysiological indicator analyzed is the average duration of fixation of a look at non-target objects (distractors), as well as the total time of image analysis, expressed in ms. The objects for the search are the photos of various real objects (animals, household objects, clothing, etc.) on a white background with a fixed number of objects in each sample. According to the results obtained, with the increase in information in the working visual memory, the time of gaze fixation on each object increases. These results clearly demonstrate the change in the basic indicators of time for a hybrid visual search in these conditions, with a constant number and nature of the stimuli. That way, it is a clear demonstration of the active involvement of the processes occurring in memory in a visual search.

Keywords: eye tracking, gaze tracking, hybrid visual search, guided visual search, visual search

Зрительный поиск – процесс поиска искомого объекта среди других нецелевых объектов [1]. Опираясь на актуальную модель внимания, можно выделять параллельный и последовательный зрительный поиск. Для параллельного поиска все процессы происходят на уровне предвнимания, и искомый объект «выскакивает» за счет наличия отличительного признака на фоне отвлекающих объектов. Для последовательного поиска этот эффект отсутствует и происходит последовательный анализ каждого объекта с участием внимания [2].

Частным случаем последовательного зрительного поиска является гибридный зрительный поиск, который реализуется в условиях наличия нескольких искомых объектов для обнаружения. Таким образом, такой процесс будет совмещать не только последовательный поиск объектов, но и обработку информации в рабочей зрительной памяти, для определения принадлежности рассматриваемого объекта к искомым [3]. Именно гибридный зрительный поиск наиболее распространен в повседневной жизни.

Актуальность исследования этого процесса обусловлена распространенностью явления зрительного поиска в повседневной жизни. Однако в повседневной жизни задача на зрительный поиск может быть представлена с несколькими искомыми объектами. Таким образом, такой процесс будет включать себя не только зрительный поиск, но и сопоставление рассматриваемых объектов с искомыми объектами в памяти, что

в совокупности будет представлять собой явление гибридного зрительного поиска.

Процесс последовательного зрительного поиска хорошо изучен в условиях варьирования количества и характера стимульных признаков, однако практически не изучен в условиях, где основным исследовательским приемом является варьирование количества самих искомых объектов.

Цель исследования: изучение влияния изменения параметров искомых объектов, предъявляемых для поиска, на скорость поиска объектов на изображении.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть исследования выполнялась на базе лаборатории мозга и нейрокогнитивного развития УрФУ. Исследование осуществлялось на выборке из 21 студента (14 девушек и 7 юношей) биологического департамента УрФУ в возрасте 20–22 лет.

Для оценки визуального восприятия стимулов использовалась стационарная система высокоскоростного удаленного бинокулярного трекинга глаз SMI RED 500. Частота работы системы фиксации взгляда – 500 Гц. Для создания протокола предъявления стимулов и последующего предъявления материала применялся программный модуль Experimental Center. Испытуемые находились на расстоянии 60–65 см перед монитором со встроенной в него системой удаленной регистрации движения глаз.

В качестве зрительных стимулов испытуемым в течение 4 с последовательно предъявлялись фотографии различных реальных объектов на белом фоне для запоминания. После прохождения запоминания дважды проводилась проверка запомненных объектов. Проверка представляла собой последовательное предъявление различных объектов, включая объекты, предъявленные для запоминания. Испытуемым необходимо было отвечать «да» или «нет», в зависимости от того, предъявлялся представленный на экране объект для запоминания или нет. Достигались показатели 100% правильности называемых искомых объектов при проверке. В случае ошибок процесс запоминания и проверки повторялся до достижения необходимого показателя. Для каждого нового задания предъявлялись уникальные объекты для запоминания.

Перед каждым предъявлением стимульного материала происходила процедура калибровки, необходимая для дальнейшего учета погрешностей при обработке данных. После процедуры калибровки испытуемым демонстрировался стимульный материал и проводилась видеорегистрация движений взгляда.

Производились пробы поиска объектов на изображении с увеличением количества предъявляемых объектов для запоминания с каждым следующим заданием. Общее количество объектов для запоминания: 1, 2, 4, 6. Перед каждым заданием для каждого количества целей происходил этап запоминания искомых объектов. Испытуемым необходимо было сопровождать анализ изображения словами «да» или «нет» в случае обнаружения или необнаружения искомого объекта.

Всего было сделано по 10 проб для каждого задания, таким образом, каждым испытуемым было выполнено 40 уникальных попыток поиска объектов. На изображении предъявлялось 8 объектов в виде двух рядов по 4 объекта. Для каждой пробы предъявлялись уникальные объекты для поиска. Максимально возможное количество искомых объектов было не более 4. Были пробы с отсутствием искомых целей на изображении. В качестве зрительных стимулов предъявлялись фотографии реальных объектов на белом фоне. Предъявляемые объекты были легко узнаваемыми. Исключались фотографии людей с лицами, так как было доказано, что при последовательном зрительном поиске человеческое лицо обладает эффектом «выскакивания» [4].

Методика обработки представляла собой начальное выделение областей интереса (Area Of Interest – AOI) в соответствии с имеющейся гипотезой исследования [5]. В таком случае возможен анализ ряда показателей, связанных с данными областями. В данной работе анализируется время фиксаций и саккад в каждой из областей и суммарное время рассматривания изображения. В данном случае, учитывая уникальность каждого искомого объекта и объектов-дистракторов по признакам, зонами интереса являлись непосредственные границы каждого объекта [6]. Объекты выделялись с учетом погрешности, измеренной в процессе калибровки. Белый фон, не включающий в себя границы объектов на изображении, выделялся как отдельный объект и время его анализа включалось как показатель в общее время рассматривания изображения.

Первичные данные были обработаны в программе BeGaze 3.6, где выделялись зоны интереса. В дальнейшем данные были переведены в стандартный пакет Microsoft Excel для последующей обработки, производилось выделение средних и суммарных показателей. Статистическая обработка данных была проведена с помощью программы Statistica. Для статистической обработки применялся дисперсионный ана-

лиз с повторными измерениями ANOVA, в котором использовалась коррекция по Greenhouse-Geisser [7]. Значимость эффекта выражается в показателе eta squared (η^2), где значения <0,10 указывают на слабую значимость, 0,10–0,30 на среднюю и >0,50 на сильную значимость фактора на зависимую переменную.

Результаты исследования и их обсуждение

В данном случае самым значимым анализируемым показателем является среднее время фиксации на объектах-дистракторах, так как на время фиксации на искомом объекте могут влиять различные факторы, а в общем времени анализа изображения в том числе учитываются показатели саккад на белом фоне. Таким образом, этот показатель является наиболее точным индикатором анализа гибридного поиска. Как видно, с увеличением количества искомых объектов этот показатель возрастает, даже в условиях отсутствия цели. То есть фактически для испытуемого разница в стимульном материале отсутствует, так как во всех случаях искомая цель не обнаруживается, однако этот показатель увеличивается только за счет изменения одного параметра – количества объектов в рабочей зрительной памяти.

По данным, приведенным в таблице, как в условиях присутствия, так и в условиях отсутствия цели наблюдается тенденция к увеличению основных временных показателей от количества искомых целей в столбце среднего времени фиксации взгляда и саккад на объекте-дистракторе. Эти показатели соотносятся с показателями общего времени анализа изображения, где также наблюдается зависимость временных показателей от количества искомых целей.

Подробный графический анализ показателей среднего времени фиксации и саккад на объектах-дистракторах представлен на рис. 1.

Сравнение основных показателей при визуальном предъявлении цели (p<=0,05)

	Цель присутствует			Цель отсутствует	
Количество целей	Среднее время фиксации взгляда и саккад на искомом объекте, мс	Среднее время фиксации взгляда и саккад на объекте-дистракторе, мс	Общее время анализа изображения, мс	Среднее время фиксации взгляда и саккад на объекте-дистракторе, мс	Общее время анализа изображения, мс
1	488,98 ± 231,5	49,37 ± 36	1514,8 ± 341,4	122,61 ± 26,34	1627,6 ± 341,4
2	356,3 ± 133,4	160,62 ± 65,9	2237,2 ± 514,4	213,87 ± 81,3	2443,1 ± 879
4	414,84 ± 124,9	283,94 ± 78,2	3445,5 ± 769,9	253,37 ± 73,8	2643,5 ± 579,7
6	440,4 ± 169,6	391,304 ± 91,4	4269 ± 898,4	336 ± 80,1	3253,1 ± 792,8

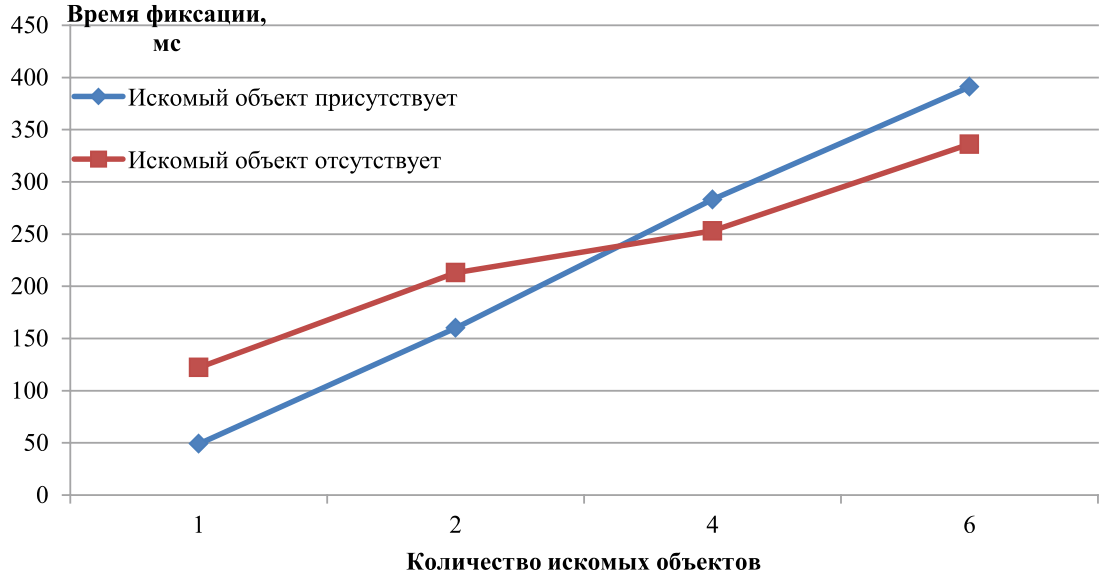

Рис. 1. График зависимости времени фиксации взгляда на объектах-дистракторах от количества искомых объектов

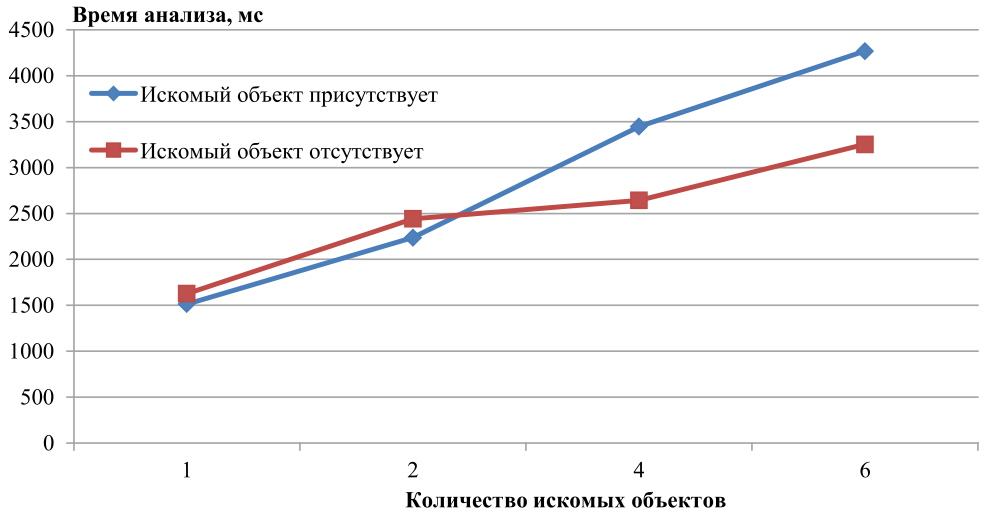

Рис. 2. График зависимости общего времени анализа изображения от количества искомых объектов

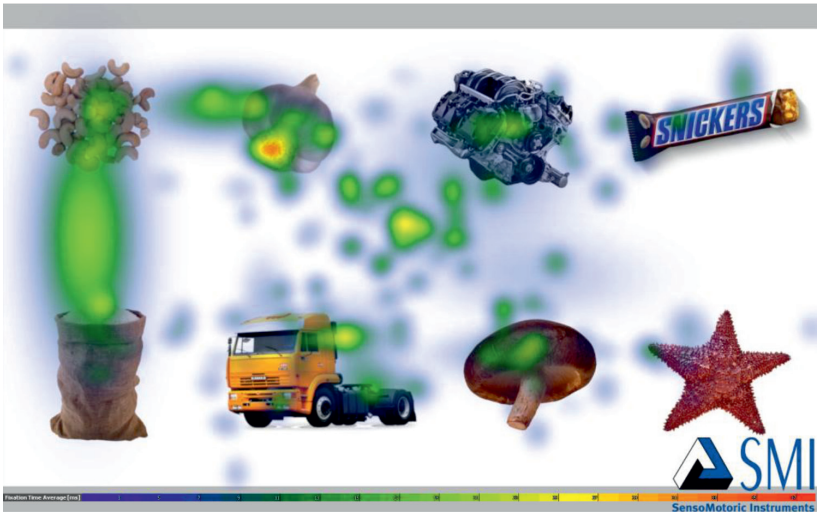

Рис. 3. Пример тепловой карты по одной из проб при одной искомой цели в условиях отсутствия цели

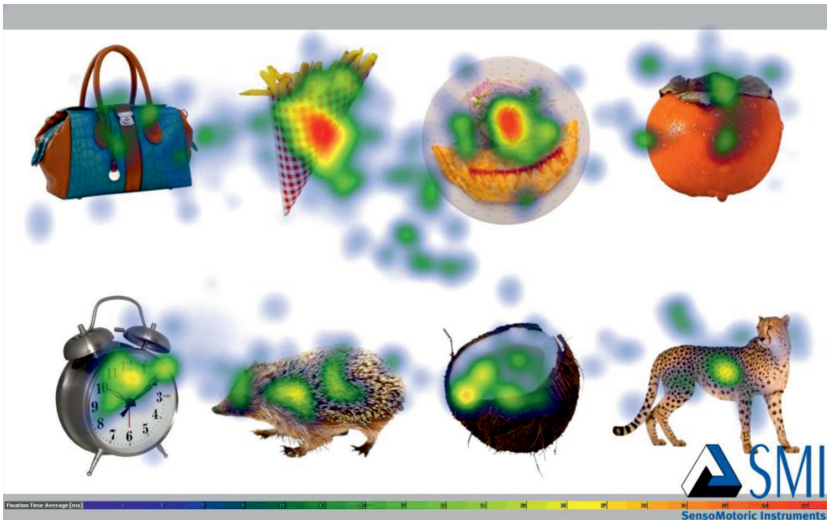

Рис. 4. Пример тепловой карты по одной из проб при шести искомых целях в условиях отсутствия цели

Как видно из графика, наблюдается тенденция к возрастанию основных временных показателей в зависимости от количества искомых объектов с каждой пробой.

Анализ данных по этому графику также показывает тенденцию к увеличению общего времени анализа изображения в условиях присутствия цели (рис. 2). В условиях отсутствия цели значимые различия между пробами на 2 и 4 искомые цели отсутствуют. Это объясняется показателями меньшего времени просмотра белого фона для пробы в четырех искомых целях.

Анализ данных по визуальному представлению также реализуется в виде тепловых карт (рис. 3, 4), что подразумевает под собой соотнесение цвета с временем фиксации взгляда относительно всех показателей на каждом представленном объекте. Переход от «холодного» к «теплым» цветам представляет собой увеличение основного временного показателя. Синим оттенкам цвета соответствуют значения в диапазоне от 1 до 10 мс, зеленым – от 10 до 20 мс, желтым – от 20 до 30 мс, красному цвету соответствуют значения от 40 мс. Визуальные показатели на всех тепловых картах являются усредненными для всех участников эксперимента.

В данном случае искомые объекты, удовлетворяющие условиям поиска, отсутствуют. Таким образом, для испытуемого отсутствует разница в характере предъявляемых стимулов.

Визуальный анализ данных тепловых карт указывает на видимое различие во времени фиксации взгляда на каждом объекте.

Анализ показателей статистической значимости проводился посредством многофакторного дисперсионного анализа. Были получены данные о влиянии фактора количества целей на основные зависимые показатели в виде времени фиксации взгляда на объекте-дистракторе и общем времени анализа изображения.

Оценка влияния этого фактора на время фиксации взгляда дает следующие показатели: время фиксации взгляда на объекте-дистракторе пропорционально возрастает. $F = 136,2$; $p < 0,001$; eta squared $(\eta^2) = 0,89$. Общее время анализа изображения также пропорционально возрастает. $F = 219,3$; $p < 0,001$; eta squared $(\eta^2) = 0,924$. Данные различия являются значимыми с высокой оценкой силы влияния данного фактора $(\eta^2 > 0,5)$.

Таким образом, можно утверждать, что увеличение количества целей достоверно влияет на основные показатели времени при гибридном зрительном поиске.

Высокие показатели статистической значимости и низкий разброс значений также позволяют в дальнейшем создавать диагностические мероприятия для изучения нарушений и развития когнитивных функций человека на основе данной методики.

Выводы

Проведенное исследование было направлено на проверку предположения о возможности влияния количества информации в рабочей зрительной памяти на скорость зрительного поиска объектов на изображении. В соответствии с поставленной гипотезой можно сделать вывод об обнаружении значимой положительной динамики изменения скорости поиска объектов на изображении от количества объектов-целей в рабочей зрительной памяти. С увеличением количества искомых объектов возрастает общее время анализа изображения и время фиксации взгляда на объектах-дистракторах.

Список литературы

1. Wolfe J.M. Visual search. Current biology. 2010. V. 20. № 8. P. 346–349.

2. Eimer M., Grubert A. Spatial attention can be allocated rapidly and in parallel to new visual objects. Current Biology. 2014. V. 24. № 2. P. 193–198.

3. Drew T., Boettcher S.E.P., Wolfe J.M. One visual search, many memory searches: An eye-tracking investigation of hybrid search. Journal of vision. 2017. V. 17. № 11. P. 5–5.

4. Hershler O., Hochstein S. At first sight: A high-level pop out effect for faces. Vision research. 2005. V. 45. № 13. P. 1707–1724.

5. Барабанщиков В.А., Жегалло А.В. Регистрация и анализ направленности взора человека. М: Институт психологии РАН, 2013. 316 с.

6. Трейсман Э. Объекты и их свойства в зрительном восприятии человека // В мире науки. 1987. № 1. С. 68–78.

7. Howell D.C. Statistical methods for psychology. Cengage Learning. 2009.