



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАБОЧАЯ ПАМЯТЬ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ЗРИТЕЛЬНОГО ПОИСКА МНОЖЕСТВЕННЫХ СТИМУЛОВ

ГОРБУНОВА Е. С. *, *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), Москва, Россия,*
e-mail: gorbunovaes@gmail.com

Настоящее исследование посвящено изучению роли пространственной рабочей памяти при решении задачи зрительного поиска множественных стимулов, в частности, в возникновении эффекта «пропусков при продолжении поиска» (ПППП). Данный эффект заключается в пропуске второго целевого стимула после успешного нахождения первого целевого стимула. Одно из теоретических объяснений эффекта «пропусков при продолжении поиска» состоит в том, что нахождение первого целевого стимула требует значительного количества ресурсов внимания и/или рабочей памяти, и на поиск второго целевого стимула ресурсов не остается. В эксперименте сравнивалась эффективность зрительного поиска двух целевых стимулов в стандартных условиях и при введении дополнительной загрузки пространственной рабочей памяти. Введение дополнительной загрузки рабочей памяти не оказывало значимого влияния на процент верных ответов в данной задаче. Полученные результаты могут объясняться ведущей ролью объектной, но не пространственной рабочей памяти при решении задач такого типа. Альтернативное объяснение состоит в использовании испытуемыми специальных средств и стратегий решения задачи.

Ключевые слова: зрительное внимание, зрительный поиск, рабочая память, эффект «пропусков при продолжении поиска», стратегии решения перцептивной задачи.

Изучение механизмов зрительного поиска представляет собой одну из наиболее разработанных областей исследования в когнитивной психологии. Стандартная лабораторная задача зрительного поиска состоит в том, чтобы найти один объект среди множества других объектов. Тем не менее, в реальной жизни зачастую задача зрительного поиска предполагает поиск нескольких объектов: к примеру, когда врач просматривает рентгеновский снимок, на нем может присутствовать сразу несколько аномалий. Исследования в области рентгенологии позволили выявить эффект «пропусков при продолжении поиска» (ПППП) (Adamo et al., 2013) – пропуск второго целевого стимула после успешного обнаружения первого целевого стимула, при этом, как правило, первый целевой стимул является хорошо заметным, а второй целевой стимул – плохо заметным. На данный момент эффект «пропусков при продолжении поиска» изучается не только в рамках рентгенологических исследований, он также является предметом интереса когнитивных психологов (Adamo et al., 2013; Fleck et al., 2010).

Для цитаты:

Горбунова Е. С. Пространственная рабочая память при решении задачи зрительного поиска множественных стимулов // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 1. С. 38–52. doi:10.17759/expsy.2017100104

* *Горбунова Е. С.* Кандидат психологических наук, преподаватель, кафедра общей и экспериментальной психологии, департамент психологии, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). E-mail: gorbunovaes@gmail.com



Можно выделить три теоретические модели эффекта ПППП. Согласно гипотезе «насыщения поиска», пропуск второго целевого стимула связан с тем, что после нахождения первого целевого стимула субъект довольствуется полученным результатом и прекращает поиск других стимулов. Данная гипотеза была предложена еще на заре исследований данного эффекта в рентгенологии, однако результаты более поздних исследований как в области рентгенологии (Samuel et al., 1995), так и при использовании стандартной задачи зрительного поиска (Fleck et al., 2010) говорят о том, что подобное «насыщение», как минимум, является не главной причиной пропуска второго целевого стимула.

Две другие теоретические модели являются более перспективными. Согласно первой из этих моделей, пропуск второго целевого стимула связан с истощением ресурсов внимания и/или рабочей памяти после нахождения первого целевого стимула (Adamo et al., 2013). Существует масса эмпирических данных, свидетельствующих в пользу данной модели, в частности, увеличение эффекта с увеличением количества расположенных рядом дистракторов, оказывающих дополнительную нагрузку на ограниченные ресурсы внимания (Adamo et al., 2015).

Согласно другой модели, первый целевой стимул создает своего рода «перцептивное смещение» или установку на то, как должен выглядеть второй целевой стимул, в связи с чем нахождение второго целевого стимула будет более вероятным, если он имеет перцептивное (либо, согласно ряду исследований, категориальное (см. например: Biggs et al., 2015)) сходство с первым, и менее вероятным – если он не имеет подобного сходства. Данная теория согласуется с рядом эмпирических данных, в частности, с теми, которые указывают на уменьшение эффекта ПППП при увеличении количества общих признаков у первого и второго целевого стимула вплоть до полного исчезновения при двух идентичных целевых стимулах (Gorbunova, 2017).

Следует отметить, что, несмотря на традиционное рассмотрение моделей перцептивной установки и истощения ресурсов в качестве конкурирующих, о них можно говорить как о взаимодополняющих. К примеру, перцептивная установка на то, как должен выглядеть второй целевой стимул, может формироваться в качестве репрезентации в рабочей памяти и тем самым одновременно и загружать ресурсы рабочей памяти, и создавать «перцептивное смещение» в сторону сходных стимулов, препятствуя тем самым нахождению несходных по перцептивным характеристикам стимулов.

Проверка гипотезы истощения ресурсов рабочей памяти была осуществлена в двух экспериментах С. Митроффа и М. Кейна. Было обнаружено, что вероятность обнаружения второго целевого стимула повышается, если первый целевой стимул после его нахождения исчезает с экрана или становится хорошо заметным и легко отделимым от фона (Cain, Mitroff, 2013). Более того, эффект ПППП значительно уменьшался, если после нахождения первого целевого стимула испытуемому предъявлялось несколько не связанных с основной задачей пустых проб, а уже затем продолжался поиск второго целевого стимула (Cain et al., 2014). Тем не менее, гипотеза о роли рабочей памяти не объясняет всех типов ошибок, встречающихся при ПППП (Cain et al., 2013), а также отсутствия эффекта в условии равной вероятности появления хорошо и плохо различимых одиночных стимулов (Fleck et al., 2010). Результаты экспериментов М. Кейна и С. Митроффа также оставляют возможность альтернативных интерпретаций результатов в рамках теории перцептивной установки. Существуют основания полагать, что введение пустых проб либо исчезновение первого целевого стимула с экрана разрушает перцептивную установку и тем самым повышает вероятность нахождения второго целевого стимула.



Помимо этого, сама экспериментальная манипуляция уровнем загрузки рабочей памяти через ее «разгрузку» не является достаточно валидной: трудно проверить, «разгрузилась» ли рабочая память. Более логичный экспериментальный прием состоит во введении дополнительной нагрузки на рабочую память. При этом необходимо выделять различные виды рабочей памяти, в частности, объектную и пространственную рабочую память (напр., Woodman, Luck, 2004). Объектная рабочая память отвечает за кратковременное запоминание объектов и вероятные манипуляции с их репрезентациями, в том время как пространственная рабочая память связана с запоминанием мест в пространстве. Несмотря на то, что при решении значительного круга задач обе эти системы осуществляют совместную деятельность, существуют методики, позволяющие выделить и операционализировать конструктор пространственной рабочей памяти. В частности, в качестве такой методики выступает задача на запоминание местоположения двух точек, использованная в том числе в экспериментах по изучению роли пространственной рабочей памяти в зрительном поиске (Oh, Kim, 2004; Woodman, Luck, 2004). В начале пробы испытуемому предъявляются две точки, затем они исчезают, а после 5000 мс межстимульного интервала опять появляются две точки. Испытуемый должен ответить, находятся ли эти точки на тех же местах, что и в начале пробы, или они изменили свое местоположение. При этом в половине проб точки предъявляются на том же месте, а в половине проб одна из точек изменяет свое местоположение.

Результаты исследований стандартного зрительного поиска (с одним объектом) свидетельствуют в пользу того, что на решение данной задачи оказывает влияние именно пространственная рабочая память: при введении дополнительной задачи на загрузку пространственной рабочей памяти (запоминания местоположения двух точек) увеличивается разница между временем реакции при различном числе объектов на экране (Woodman, Luck, 2004), в то же время загрузка объектной рабочей памяти значимого влияния на эффективность зрительного поиска не оказывает, при условии, что целевой стимул не меняется от пробы к пробе (Woodman et al., 2001).

Изучение роли пространственной рабочей памяти в возникновении эффекта ПППП имеет значение не только для построения теории, объясняющей пропуск второго целевого стимула в задаче зрительного поиска, этот вопрос также имеет важное теоретическое значение для когнитивной психологии в целом. В частности, изучение роли пространственной рабочей памяти при решении задачи зрительного поиска двух целевых стимулов позволяет внести вклад в решение вопроса о том, кодируются ли в ходе выполнения задачи зрительного поиска обследованные места в пространстве в рабочую память. Помимо этого, эмпирическая проверка предположения о роли пространственной рабочей памяти в возникновении эффекта ПППП имеет значение для исследования структуры рабочей памяти, выделения в ней блоков и их взаимосвязей. Более того, зрительный поиск является классической задачей на пространственное внимание, поэтому изучение роли рабочей памяти при осуществлении зрительного поиска имеет значение для решения важного теоретического вопроса о соотношении внимания и рабочей памяти.

Таким образом, можно предположить, что введение дополнительной задачи на пространственную рабочую память окажет существенное влияние на размер эффекта ПППП, т. е. на разницу в проценте верных ответов в условии двух стимулов и одного плохо заметного целевого стимула. Эмпирическая проверка данного предположения была осуществлена в нашем эксперименте.



Целью нашего исследования было изучение роли пространственной рабочей памяти в возникновении эффекта ПППП. В качестве задачи на пространственную рабочую память использовалась стандартная задача на запоминание положения двух точек из экспериментов Вудмана и Лака (Woodman, Luck, 2004). Задача на зрительный поиск была представлена задачей на поиск букв Т среди букв L, при этом букв Т в каждой пробе могло быть две, одна, либо не быть вовсе. Также присутствовала комбинированная задача, в которой испытуемым предлагалось сначала запомнить местоположение точек, затем выполнить задачу на зрительный поиск, после чего дать ответ на задачу с точками.

Основная *гипотеза исследования* состояла в следующем: эффект ПППП обусловлен истощением ресурсов пространственной рабочей памяти после нахождения первого целевого стимула, соответственно, при дополнительной загрузке пространственной рабочей памяти (т. е. при выполнении двойной задачи) величина эффекта ПППП (разница в проценте верных ответов для условий с двумя целевыми стимулами и с одним плохо заметным целевым стимулом) будет больше по сравнению с условием без дополнительной загрузки (только с задачей зрительного поиска).

Методика

Испытуемые

В эксперименте приняли участие 30 человек в возрасте от 17 до 22 лет ($M = 19,5$), 5 – мужского пола и 25 – женского, студенты департамента психологии НИУ ВШЭ. Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение и были наивными по отношению к гипотезам эксперимента.

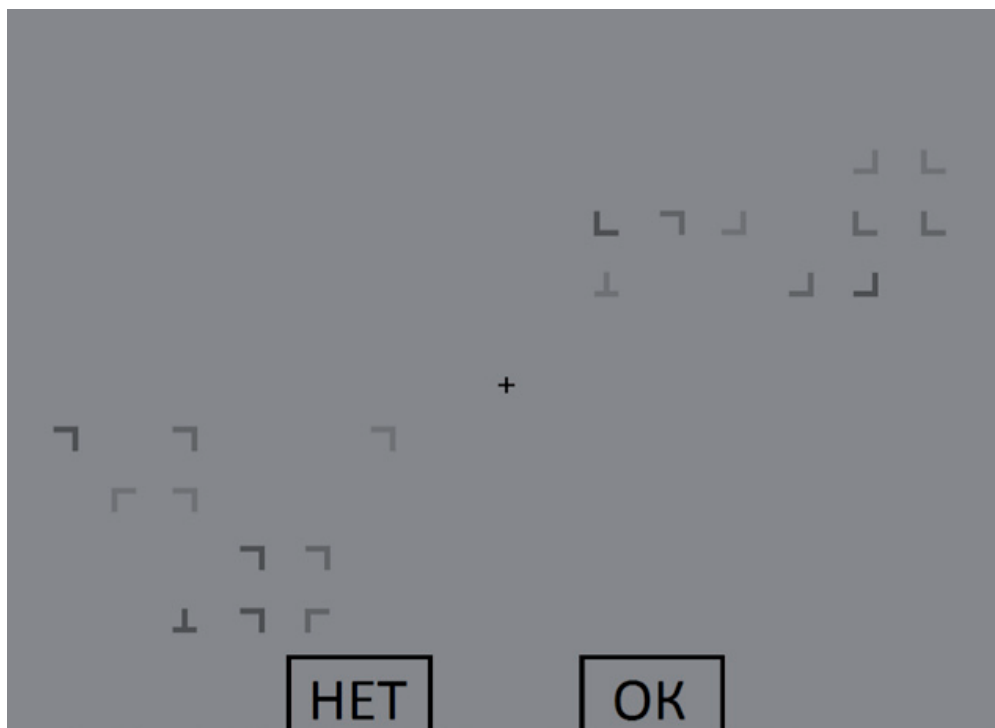


Рис. 1. Пример стимульного материала в задаче на зрительный поиск



Аппаратура

Для предъявления стимулов был использован компьютер Pentium Dual Core CPU E6500 и монитор LACIE electron 19 blue III, разрешение экрана – 1024×768, частота обновления – 85 Гц. Расстояние от испытуемого до экрана составляло 40 см. В качестве программного обеспечения использовалась программа Psychopy v. 1.82.01, операционная система – Ubuntu. Ответы испытуемых регистрировались с помощью стандартной компьютерной мыши и клавиатуры.

Процедура

Вводились три экспериментальных условия, в которых предъявление стимулов испытуемым осуществлялось с помощью кроссдидвиального плана с полным уравниванием последовательности предъявления условий. Условия включали в себя: только зрительный поиск; только задачу на пространственную рабочую память; задачу на зрительный поиск вместе с задачей на пространственную рабочую память. Инструкции к каждой задаче предъявлялись непосредственно перед выполнением. Прохождению каждой основной серии предшествовала тренировочная серия из пяти проб, целью которой было познакомить испытуемого с процедурой эксперимента. Результаты тренировочной серии не анализировались. Полное уравнивание последовательности предъявления условий предполагало шесть вариантов последовательности предъявления трех задач, каждый из которых предъявлялся пяти испытуемым. Общая длительность эксперимента составляла около 50 минут.

Задача на зрительный поиск предполагала поиск целевых стимулов среди дистракторов. Задача испытуемого состояла в том, чтобы найти все целевые стимулы, либо отчитаться об их отсутствии. В качестве целевых стимулов в задаче на зрительный поиск выступали буквы Т, в качестве дистракторов – буквы L. Угловой размер стимулов составлял $1,4^{\circ} \times 1,4^{\circ}$. Целевых стимулов могло быть два (один – хорошо заметный и второй – плохо заметный), один (хорошо или плохо заметный) или не быть вообще. Условия с двумя целевыми стимулами и с одним плохо заметным целевым стимулом были использованы как разные уровни переменной «количество целевых стимулов». Условия с одним хорошо заметным целевым стимулом и без целевых стимулов представляли собой «пробы-ловушки» и в анализе данных не фигурировали. Стимулы и фон, на котором они предъявлялись, были серого цвета разных оттенков. Так, цвет фона имел следующие интенсивности по каналам RGB: 128, 128, 128. Буквы L имели следующие интенсивности по каналам RGB: 70, 70, 70; 90, 90, 90 и 105, 105, 105. Дистракторы разных цветов были равномерно распределены в каждой пробе. Буквы Т имели следующие интенсивности по каналам RGB: 70, 70, 70 (хорошо заметный целевой стимул) и 105, 105, 105 (плохо заметный целевой стимул). Всего в каждой пробе испытуемому предъявлялось по 20 стимулов (данное количество объектов было выбрано после предварительной апробации методики для получения эффекта «пропусков при продолжении поиска»). Стимулы предъявлялись либо в правом верхнем и левом нижнем углах, либо в левом верхнем и правом нижнем углах, чтобы не пересекаться со стимулами из задачи на рабочую память. При этом в условии с двумя целевыми стимулами эти стимулы могли с равной вероятностью располагаться как в одной и той же части экрана, так и в разных. Пример стимульного материала приведен на рис. 1.

Испытуемые давали ответ с помощью щелчка мышью. На экране присутствовали две кнопки – «ОК» и «НЕТ», которые использовались для ответа испытуемого, угловой



размер – $6,85^\circ \times 4,32^\circ$. В случае нахождения двух целевых стимулов испытуемый должен был последовательно нажать сначала на один, а затем на другой целевой стимул (буквы Т). В случае нахождения одного целевого стимула испытуемый должен был нажать сначала на стимул, а затем на кнопку «ОК». В случае отсутствия целевых стимулов испытуемый должен был дважды нажать на кнопку «НЕТ». Последовательность предъявления проб была рандомизирована. Было использовано ограничение по времени 20 с на каждую пробу; если испытуемый не находил стимула в течение этого времени, проба заканчивалась. Для перехода к каждой следующей пробе испытуемый нажимал на пробел. Всего было 100 проб, из них по 25 проб приходилось на каждое условие (отсутствие целевых стимулов, один хорошо заметный целевой стимул, один плохо заметный целевой стимул, два целевых стимула).

В качестве **задачи на пространственную рабочую память** была использована задача из экспериментов Лака и Вудмана (Woodman, Luck, 2004). Испытуемым последовательно на 500 мс предъявлялось две точки (угловой размер – $0,41^\circ \times 0,41^\circ$ угловых градусов), а затем, через интервал в 5000 мс, еще раз предъявлялись две точки одновременно, и они должны были ответить, совпадало ли местоположение этих точек с теми, что были предъявлены в самом начале. Введение интервала в 5000 мс между предъявлением стимулов и ответом было сделано с целью использования рабочей памяти для хранения информации.

Ответ давался посредством нажатия на определенные кнопки на клавиатуре. Всего было 100 проб, в половине проб местоположение точек совпадало, в половине проб одна из точек меняла свое местоположение. Последовательность предъявления проб была рандомизирована. Стимулы предъявлялись в центральной области экрана. Последовательность предъявления стимулов изображена на рис. 2.

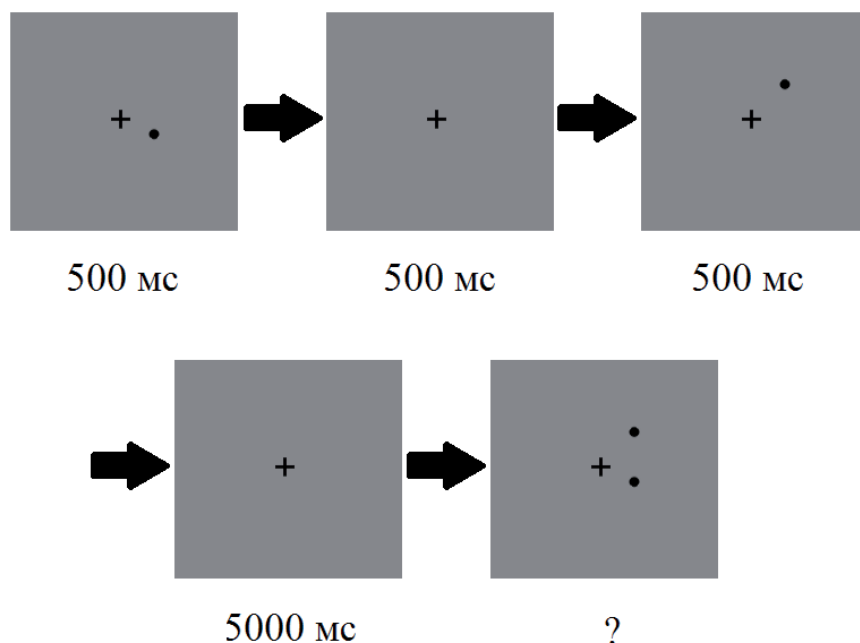


Рис.2. Последовательность предъявления стимулов в задаче на рабочую память

Комбинированная задача предполагала последовательно предъявление двух точек (по 500 мс на каждую точку и 500 мс на межстимульный интервал), далее задачу на зрительный поиск, после чего – ответ на задачу с точками. Пустой интервал в 5000 мс для хранения информации в памяти отсутствовал, вместо него испытуемыми выполнялась задача на зрительный поиск. Использование и пустого интервала, и дополнительной задачи в данном условии представлялось сомнительным по той причине, что в данном случае время между предъявлением стимулов для запоминания и ответом было бы значительно увеличено по сравнению с условием только на рабочую память, что дало бы возможность альтернативных объяснений результатов с позиции большего времени задержки, а не решения дополнительной задачи. При этом местоположение точек и местоположение стимулов в задаче на зрительный поиск не совпадало. Последовательность предъявления стимулов изображена на рис. 3.

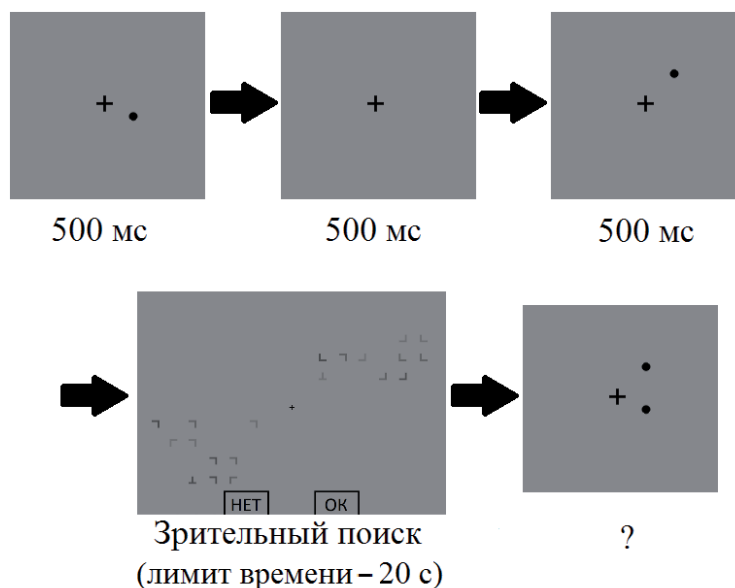


Рис. 3. Последовательность предъявления стимулов в комбинированной задаче (зрительный поиск + рабочая память)

Обработка результатов

Сравнению подлежал процент верных ответов в задаче на зрительный поиск при разном количестве стимулов. Сравнивались условия с одним плохо заметным целевым стимулом и с двумя целевыми стимулами (одним хорошо заметным и одним плохо заметным). Сравнение производилось для условия с задачей только зрительного поиска и для условия с дополнительной задачей на удержание информации в рабочей памяти. Во втором случае сравнению подлежали только те пробы, в которых задача на рабочую память была выполнена верно. Данные обрабатывались с помощью **SPSS 20.0**. В качестве метода анализа данных был использован дисперсионный анализ (ANOVA) с повторными измерениями, в качестве факторов были выбраны загрузка рабочей памяти (наличие или отсутствие задачи на загрузку рабочей памяти) и количество целевых стимулов (один плохо заметный целевой стимул или два целевых стимула). Аналогичным образом было проанализировано среднее время реакции для первого и второго клика мышкой.



Помимо этого, сравнивался процент верных ответов в задаче на рабочую память для условия только с рабочей памятью и для условия с дополнительной задачей на зрительный поиск для одного плохо заметного и двух целевых стимулов. В качестве метода анализа данных был выбран дисперсионный анализ с повторными измерениями. В качестве фактора выступило количество целевых стимулов. Фактор имел три уровня: отсутствие целевых стимулов (задача только на рабочую память, без зрительного поиска), один плохо заметный целевой стимул и два целевых стимула. Результаты теста сферичности Маучли оказались статистически значимыми ($W = 0,741, p < 0,015$), поэтому была использована поправка Гринхауса–Гейссера. Также были проведены попарные сравнения для разных уровней фактора с применением поправки на множественные сравнения Бонферрони. Оценка размера эффекта производилась с использованием η_p^2 .

Поскольку последовательность предъявления условий отличалась для разных испытуемых (всего было 6 последовательностей, каждая из которых предъявлялась пяти испытуемым), для выявления возможной роли последовательности предъявления условий аналогичным образом был проведен дисперсионный анализ с использованием фактора последовательности предъявления условий в качестве ковариаты.

Полученные результаты представлены на рис. 4–7.

Результаты

Процент верных ответов

Для задачи зрительного поиска было выявлено значимое влияние фактора количества стимулов ($F = 24,19, p < 0,000, \eta^2 = 0,455$). Влияние фактора загрузки рабочей памяти оказалось незначимым ($F = 0,60, p = 0,443, \eta^2 = 0,020$). Взаимодействие факторов также оказалось незначимым ($F = 0,42, p = 0,524, \eta^2 = 0,014$). Полученные результаты приведены на рис. 4. Использование фактора последовательности предъявления условий в качестве ковариаты не выявило значимого взаимодействия последовательности предъявления условий ни с фактором количества стимулов ($F = 0,004, p = 0,950, \eta^2 = 0,000$), ни с фактором загрузки рабочей памяти ($F = 0,03, p = 0,859, \eta^2 = 0,001$); незначимым оказалось и взаимодействие всех трех факторов ($F = 0,46, p = 0,501, \eta^2 = 0,016$). Влияние фактора количества стимулов остается значимым ($F = 4,74, p = 0,038, \eta^2 = 0,145$), влияние фактора загрузки рабочей памяти – незначимым ($F = 0,25, p = 0,623, \eta^2 = 0,009$), как и взаимодействие факторов количества стимулов и загрузки рабочей памяти ($F = 0,80, p = 0,380, \eta^2 = 0,028$).

Для задачи на рабочую память было выявлено значимое влияние фактора количества стимулов ($F = 6,99, p = 0,004, \eta^2 = 0,194$). Попарные сравнения с применением поправок на множественные сравнения Бонферрони выявили значимые различия между условиями с одним целевым стимулом ($M = 78,27, SD = 13,19$) и задачей только на рабочую память ($M = 84,13, SD = 5,94, p = 0,026$), между условиями с двумя целевыми стимулами ($M = 78,67, SD = 11,57$) и задачей только на рабочую память ($M = 84,13, SD = 5,94, p = 0,016$), однако значимых различий между условиями с одним целевым стимулом ($M = 78,27, SD = 13,19$) и двумя целевыми стимулами ($M = 78,67, SD = 11,57$) выявлено не было ($p = 1,000$). Полученные результаты приведены на рис. 5. Использование фактора последовательности предъявления условий в качестве ковариаты не выявило значимого взаимодействия последовательности предъявления условий с фактором количества стимулов ($F = 1,65, p = 0,201, \eta^2 = 0,056$), однако при использовании ковариаты влияние фактора загрузки рабочей памяти также оказывается незначимым ($F = 0,19, p = 0,828, \eta^2 = 0,007$).

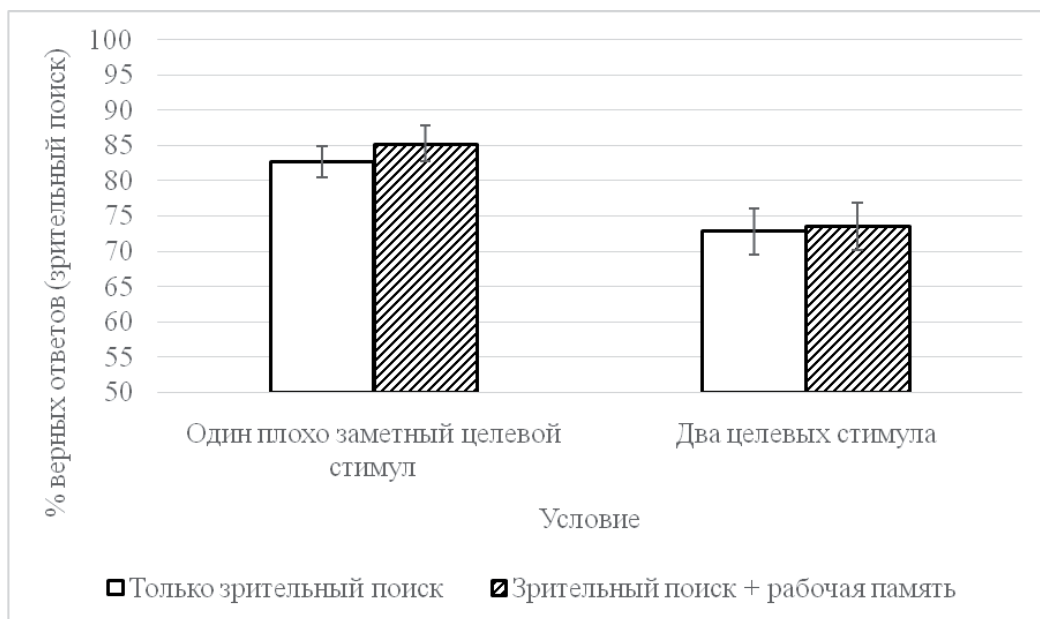


Рис. 4. Процент верных ответов в задаче на зрительный поиск (для условий только со зрительным поиском и с комбинированной задачей «зрительный поиск + рабочая память»). Столбики ошибок отражают стандартные ошибки среднего

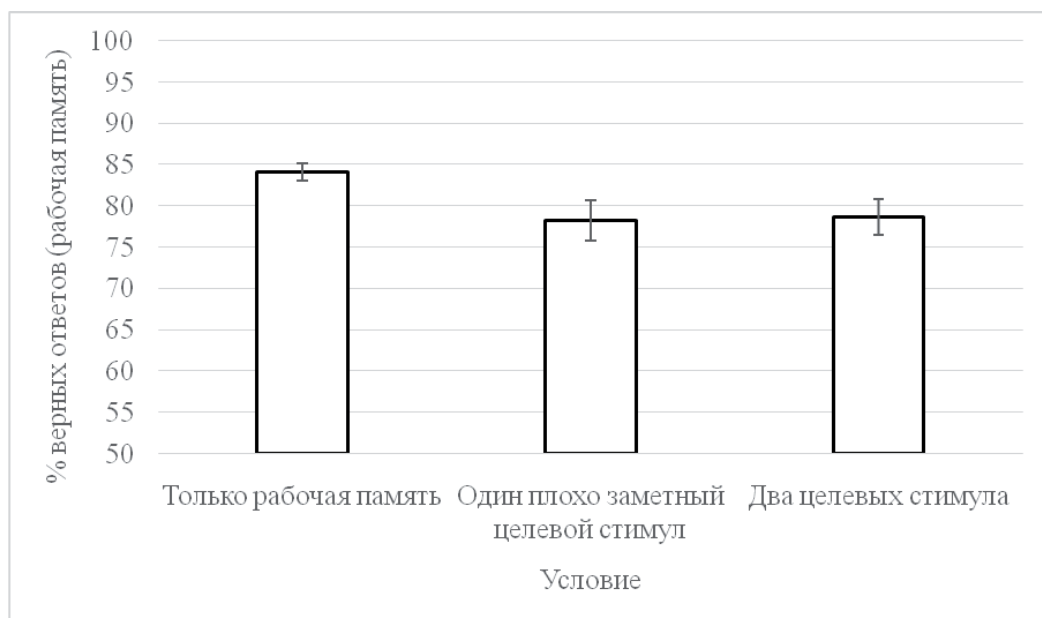


Рис. 5. Процент верных ответов в задаче на рабочую память (для условий только с рабочей памятью и с комбинированной задачей «зрительный поиск + рабочая память»). Столбики ошибок отражают стандартные ошибки среднего



Время реакции

Для первого клика мышкой дисперсионный анализ выявил значимое влияние фактора количества стимулов ($F = 102,10, p < 0,000, \eta^2 = 0,779$). Влияние фактора загрузки рабочей памяти оказалось незначимым ($F = 1,07, p = 0,310, \eta^2 = 0,035$). Взаимодействие факторов также оказалось незначимым ($F = 0,91, p = 0,348, \eta^2 = 0,030$). Полученные результаты приведены на рис. 6. Использование фактора последовательности предъявления условий в качестве ковариаты не выявило значимого взаимодействия последовательности предъявления условий ни с фактором количества стимулов ($F = 0,36, p = 0,554, \eta^2 = 0,013$), ни с фактором загрузки рабочей памяти ($F = 0,30, p = 0,588, \eta^2 = 0,011$); незначимым оказалось и взаимодействие всех трех факторов ($F = 2,62, p = 0,117, \eta^2 = 0,085$). Влияние фактора количества стимулов остается значимым ($F = 24,21, p < 0,000, \eta^2 = 0,464$), влияние фактора загрузки рабочей памяти – незначимым ($F = 0,002, p = 0,965, \eta^2 = 0,000$), как и взаимодействие факторов количества стимулов и загрузки рабочей памяти ($F = 3,55, p = 0,070, \eta^2 = 0,112$).

Для второго клика мышкой было выявлено значимое влияние фактора количества стимулов ($F = 24,59, p < 0,000, \eta^2 = 0,459$). Влияние фактора загрузки рабочей памяти оказалось незначимым ($F = 0,18, p = 0,676, \eta^2 = 0,006$). Взаимодействие факторов также оказалось незначимым ($F = 1,44, p = 0,239, \eta^2 = 0,047$). Полученные результаты приведены на рис. 7. Использование фактора последовательности предъявления условий в качестве ковариаты выявило значимое взаимодействие последовательности предъявления условий с фактором загрузки рабочей памяти ($F = 11,60, p = 0,002, \eta^2 = 0,293$), взаимодействие последовательности предъявления условий с фактором количества стимулов незначимое ($F = 0,38, p = 0,545, \eta^2 = 0,013$); незначимым оказалось и взаимодействие всех трех факторов ($F = 0,18, p = 0,677, \eta^2 = 0,006$). Влияние фактора загрузки рабочей памяти оказывается значимым ($F = 10,74, p = 0,003, \eta^2 = 0,277$). Влияние фактора количества стимулов незначимо ($F = 2,56, p = 0,121, \eta^2 = 0,084$); взаимодействие факторов также незначимо ($F = 0,81, p = 0,377, \eta^2 = 0,028$).

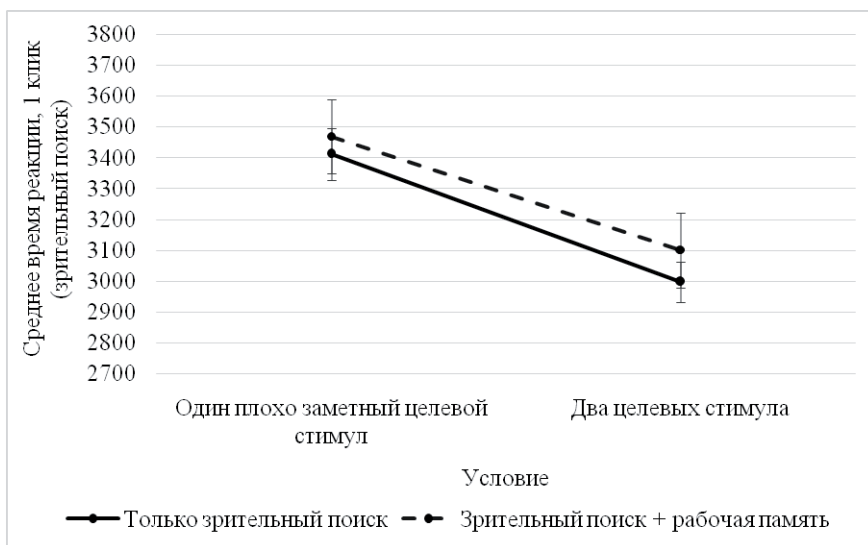


Рис. 6. Среднее время реакции (первый клик мышкой) в задаче на зрительный поиск (для условий только со зрительным поиском и с комбинированной задачей «зрительный поиск + рабочая память»). Столбики ошибок отражают стандартные ошибки среднего

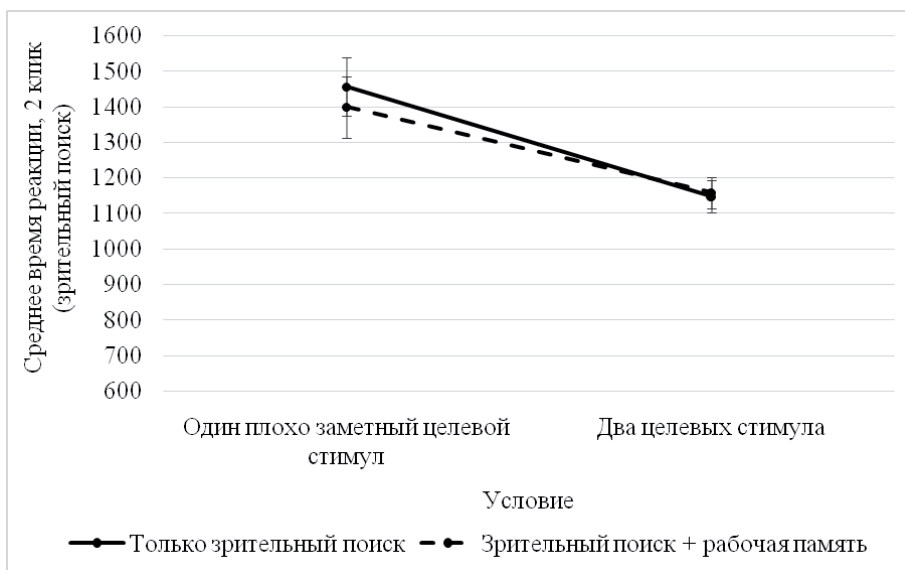


Рис. 7. Среднее время реакции (второй клик мышкой) в задаче на зрительный поиск (для условий только со зрительным поиском и с комбинированной задачей зрительный поиск + рабочая память). Столбики ошибок отражают стандартные ошибки среднего

Обсуждение результатов

Процент верных ответов в задаче на зрительный поиск оказался меньше в условии с двумя целевыми стимулами по сравнению с условием с одним целевым стимулом. Таким образом, был воспроизведен стандартный эффект «пропусков при продолжении поиска» – испытуемые пропускали второй целевой стимул после успешного нахождения первого целевого стимула. Этот эффект был получен как в условии только со зрительным поиском, так и в условии с комбинированной задачей.

Процент верных ответов как для условия с одним плохо заметным целевым стимулом, так и для условия с двумя целевыми стимулами не отличался значимо в задаче только зрительного поиска и в комбинированной задаче. Таким образом, введение дополнительной нагрузки на пространственную рабочую память не повлияло ни на точность зрительного поиска, ни на возникновение эффекта «пропусков при продолжении поиска», т. е. предположение о роли пространственной рабочей памяти в возникновении феномена «пропусков при продолжении поиска» не находит эмпирического подтверждения.

Процент верных ответов в задаче на рабочую память оказывается значимо ниже в условии комбинированной задачи по сравнению с задачей только на рабочую память. Тем не менее, при учете последовательности предъявления условий данный фактор становится незначимым. Помимо этого, процент верных ответов в комбинированной задаче не отличается значимо в условии с одним плохо заметным и двумя целевыми стимулами. Таким образом, наличие двух целевых стимулов в задаче зрительного поиска оказывает такое же влияние, как и один целевой стимул, т. е. данный результат оказывается независимым от эффекта «пропусков при продолжении поиска».

Время реакции для первого клика мышкой оказывается значимо меньше для условия с двумя целевыми стимулами по сравнению с условием с одним плохо заметным целевым стимулом. Данный результат указывает на то, что в случае двух целевых стимулов поиск



первого из них происходит быстрее по сравнению с поиском единственного целевого стимула, т. е. поиск первого из двух целевых стимулов оказывается более быстрым, чем поиск единственного целевого стимула.

Время реакции для второго клика мышкой также оказывается значимо меньше для условия с двумя целевыми стимулами по сравнению с условием с одним плохо заметным целевым стимулом. Данный результат согласуется с результатами исследования стандартного зрительного поиска (с одним целевым стимулом), где было показано, что время реакции оказывается больше в пробах с отсутствием стимула по сравнению с пробами с наличием стимула (Kwak et al., 1991; Moraglia, 1989): в условии с одним целевым стимулом второй клик мышкой приходится на кнопку «ОК» и, по сути, является сигналом об отсутствии второго целевого стимула.

Время реакции, как и для первого клика мышкой, не отличается значимо для условия с простым зрительным поиском и условия с комбинированной задачей. Таким образом, введение дополнительной загрузки пространственной рабочей памяти не влияет на скорость зрительного поиска. Время реакции для второго клика мышкой отличается для задачи только со зрительным поиском и для комбинированной задачи при условии учета последовательности предъявления условий. При этом взаимодействие фактора загрузки рабочей памяти и фактора количества стимулов оказывается незначимым, что говорит о том, что данный результат не связан с эффектом «пропусков при продолжении поиска».

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что полученные нами результаты свидетельствуют об отсутствии влияния загрузки пространственной рабочей памяти на эффект ПППП. Таким образом, эти данные противоречат теории истощения ресурсов рабочей памяти.

Результаты данного эксперимента не согласуются с результатами экспериментов Кейна и коллег, получивших снижение эффекта ПППП при введении задачи с пустыми пробами, ведущей, по мнению авторов, к «разгрузке» рабочей памяти (Cain et al., 2014), а также с результатами экспериментов Кейна и Митроффа, где аналогичный эффект возникал при исчезновении первого целевого стимула с экрана (Cain, Mitroff, 2013). Полученные в этих исследованиях результаты допускают возможность альтернативной интерпретации – в частности, в рамках теории перцептивной установки: введение пустых проб и исчезновение стимула с экрана могло разрушать перцептивную установку и тем самым снижать эффект ПППП. Полученные результаты также можно объяснить в рамках теории «насыщения поиска»: исчезновение стимула с экрана или введение дополнительной задачи может вести к восприятию одной пробы как двух различных поисков и тем самым предотвращать «насыщение» поиска.

Тем не менее, есть основания полагать, что результаты нашего эксперимента противоречат не всей теории истощения ресурсов, а лишь предположению о роли пространственной рабочей памяти. Вероятно, при решении задачи зрительного поиска двух целевых стимулов ведущую роль играет объектная рабочая память, т. е. истощение ресурсов происходит из-за репрезентации перцептивных характеристик первого целевого стимула. Перцептивные характеристики (цвет, ориентация, размер и другие базовые признаки) первого целевого стимула могут загружаться в рабочую память, при этом одновременно истощать когнитивные ресурсы и создавать установку на то, как может выглядеть второй целевой стимул. При этом данные перцептивные характеристики, вероятно, должны храниться в объектной рабочей памяти, но не в пространственной.



Альтернативное объяснение полученных результатов может состоять в том, что испытуемые при выполнении задачи зрительного поиска могли использовать специальные средства и стратегии. Решение даже самой простой перцептивной задачи – это сложный процесс, в котором важную роль играют используемые субъектом средства и стратегии (Печенкова, Фаликман, 2010). В нашем эксперименте при выполнении операции запоминания местоположения двух точек испытуемые могли использовать специальные стратегии, к примеру, вербальное кодирование, при котором не происходит необходимой загрузки пространственной рабочей памяти. Эффективным способом проверки данной гипотезы является введение дополнительных способов контроля за выполнением задачи, к примеру, одновременное использование задачи на артикуляторное подавление, а также анализ качественных особенностей деятельности испытуемых, к примеру, анализ вербальных протоколов решения задачи.

Помимо этого, при решении задачи зрительного поиска фактор загрузки рабочей памяти оказался незначимым: процент верных ответов был одинаковым как в условии решения только задачи зрительного поиска, так и в условии задачи с дополнительной загрузкой рабочей памяти. Данный результат может говорить о том, что при выполнении задачи зрительного поиска пространственная рабочая память не участвует, т. е. уже обследованные места в пространстве не кодируются в рабочую память. В пользу данного предположения свидетельствуют результаты исследования Т. Хоровитца и Дж. Вольфа (Hogowitz, Wolfe, 1998), в котором было показано, что прерывание задачи зрительного поиска не влияет на эффективность поиска (зависимость времени реакции от количества объектов на экране). Тем не менее, результаты ряда других исследований (Oh, Kim, 2004; Woodman, Luck, 2004) говорят о том, что пространственная рабочая память принимает участие в решении задачи зрительного поиска. Следует отметить, что в наших экспериментах использовалась нестандартная задача зрительного поиска: ответ испытуемого предполагал точное указание местоположения целевого стимула, а не просто отчет о том, что он присутствует, что, вероятно, могло повлиять на результаты исследования.

Полученные результаты также представляют интерес в плане изучения структуры рабочей памяти, в частности, вопроса о независимом хранении мест в пространстве и репрезентаций объектов. В частности, отсутствие влияния загрузки пространственной рабочей памяти на эффект ПППП может свидетельствовать в пользу того, что репрезентации объектов хранятся в рабочей памяти независимо от мест в пространстве. Тем не менее, данное предположение необходимо проверить в дальнейших исследованиях, в которых, в том числе и в исследованиях, направленных на определение роли объектной рабочей памяти в возникновении эффекта ПППП.

Выводы

1. Была осуществлена проверка теоретического предположения о роли пространственной рабочей памяти в возникновении эффекта «пропусков при продолжении поиска» посредством сравнения эффективности зрительного поиска двух целевых стимулов в стандартных условиях и при введении дополнительной задачи на загрузку пространственной рабочей памяти. Было обнаружено, что введение дополнительной задачи на пространственную рабочую память не влияет на эффективность зрительного поиска двух целевых стимулов.

2. Согласно результатам проведенного экспериментального исследования, эффект ПППП не связан с пространственной рабочей памятью.

Примечание.

Работа выполнена на базе департамента психологии НИУ ВШЭ



Литература

1. Печенкова Е.В., Фаликман М.В. Решение перцептивной задачи как взаимодействие между восходящими и нисходящими процессами переработки зрительной информации // Теоретическая и экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 3. С. 52–65.
2. Adamo S. H., Cain M. S., Mitroff S. R. Self-Induced Attentional Blink: A Cause of Errors in Multiple-Target Search // Psychological Science. 2013. Vol. 24. № 12. P. 2569–2574. doi: 10.1177/0956797613497970
3. Adamo S. H., Cain M. S., Mitroff S. R. Targets need their own personal space: effects of clutter on multiple-target search accuracy // Perception. 2015. Vol. 44. № 10. P. 1203–1214. doi: 10.1080/13506285.2012.726448
4. Biggs A. T., Adamo S. H., Dowd E. W., Mitroff S. R. Examining perceptual and conceptual set biases in multiple-target visual search // Attention, Perception & Psychophysics. 2015. Vol. 77. № 3. P. 844–855. doi: 10.3758/s13414-014-0822-0
5. Cain M.S., Adamo S.H., Mitroff S.R. A taxonomy of errors in multiple-target visual search // Visual Cognition. 2013. Vol. 21. № 7. P. 899–921. doi: 10.1080/13506285.2013.843627
6. Cain M.S., Mitroff S.R. Memory for found targets interferes with subsequent performance in multiple-target visual search // The Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2013. Vol. 39. № 5. P. 1398–1408. doi: 10.1037/a0030726
7. Cain M. S., Biggs A. T., Darling E. F., Mitroff S. R. A little bit of history repeating: Splitting up multiple-target visual searches decreases second-target miss errors // Journal of Experimental Psychology: Applied. 2014. Vol. 20. № 2. P. 112–125. doi: 10.1037/xap0000014
8. Fleck M. S., Samei E., Mitroff S. R. Generalized “Satisfaction of Search”: Adverse Influences on Dual-Target Search Accuracy // Journal of Experimental Psychology: Applied. 2010. Vol. 16. № 1. P. 60–71. doi: 10.1037/a0018629
9. Горбунова Е. Perceptual similarity in visual search for multiple targets // Acta Psychologica. 2017. Vol. 173. P. 46–54. doi: 10.1016/j.actpsy.2016.11.010
10. Horowitz T.S., Wolfe J.M. Visual search has no memory // Nature. 1998. Vol. 394 (6693). P. 575–577. doi: 10.1038/29068
11. Kwak H.-W., Dagenbach D., Egeth H. Further evidence for a time-independent shift of the focus of attention // Perception & Psychophysics. 1991. Vol. 49. № 5. P. 473–480. doi: 10.3758/BF03212181
12. Moraglia G. Display organization and the detection of horizontal line segments // Perception & Psychophysics. 1989. Vol. 45. № 3. P. 265–272. doi: 10.3758/BF03210706
13. Oh S.H., Kim M.S. The role of spatial working memory in visual search efficiency // Psychonomic Bulletin & Review. 2004. Vol. 11. № 2. P. 275–281. doi: 10.3758/BF03196570
14. Samuel S., Kundel H.L., Nodine C.F., Toto L.C. Mechanism of satisfaction of search: eye position recordings in the reading of chest radiographs // Radiology. 1995. Vol. 194. № 3. P. 895–902. doi: 10.1148/radiology.194.3.7862998
15. Woodman G.F., Luck S.J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied // Psychonomic Bulletin & Review. 2004. Vol. 11. № 2. P. 269–274. doi: 10.3758/BF03196569
16. Woodman G.F., Vogel E.K., Luck S.J. Visual search remains efficient when visual working memory is full // Psychological Science. 2001. Vol. 12. № 3. P. 219–224. doi: 10.1111/1467-9280.00339

SPATIAL WORKING MEMORY IN VISUAL SEARCH FOR MULTIPLE TARGETS

GORBUNOVA E.S.* , National State University Higher School of Economics, Moscow, Russia,
e-mail: gorbunovaes@gmail.com

For citation:

Gorbunova E. S. Spatial working memory in visual search for multiple targets. *Экспериментальная психология* = *Experimental psychology (Russia)*, 2017, vol. 10, no. 1, pp. 38–52. doi:10.17759/exppsy.2017100104

* Gorbunova E. S. PhD (Psychology), Lecturer, Chair of General and Experimental Psychology, Department of Psychology, National Research University Higher School of Economics. E-mail: gorbunovaes@gmail.com



The article investigated the role of spatial working memory in visual search for multiple targets, in particular, in subsequent search misses effect. This phenomenon is the second target omission after the first target has been found in visual search task. One of the theoretical interpretations of subsequent search misses is the lack of resources (attention and/or working memory) after the first target is found. Experiment investigated dual-target visual search efficiency in standard conditions and with additional spatial working memory load. Additional working memory load did not have any significant impact in multiple target visual search efficiency. The results can be due to the role of object, but not spatial working memory in this task. Alternative explanation assumes using special tools and strategies.

Keywords: visual attention, working memory, visual search, subsequent search misses, strategies of perceptual task solution.

References

1. Adamo S. H., Cain M. S., Mitroff S. R. Self-Induced Attentional Blink: A Cause of Errors in Multiple-Target Search. *Psychological Science*, 2013, vol. 24, no. 12, pp. 2569–2574. doi: 10.1177/0956797613497970
2. Adamo S.H., Cain M.S., Mitroff S.R. Targets need their own personal space: effects of clutter on multiple-target search accuracy. *Perception*, 2015, vol. 44, no. 10, pp. 1203–1214. doi: 10.1080/13506285.2012.726448
3. Biggs A. T., Adamo S. H., Dowd E. W., Mitroff S. R. Examining perceptual and conceptual set biases in multiple-target visual search. *Attention, Perception & Psychophysics*, 2015, vol. 77, no. 3, pp. 844–855. doi: 10.3758/s13414-014-0822-0
4. Cain M. S., Biggs A. T., Darling E. F., Mitroff S. R. A little bit of history repeating: Splitting up multiple-target visual searches decreases second-target miss errors. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2014, vol. 20, no. 2, pp. 112–125. doi: 10.1037/xap0000014
5. Cain M.S., Adamo S.H., Mitroff S.R. A taxonomy of errors in multiple-target visual search. *Visual Cognition*, 2013, vol. 21, no. 7, pp. 899–921. doi: 10.1080/13506285.2013.843627
6. Cain M.S., Mitroff S.R. Memory for found targets interferes with subsequent performance in multiple-target visual search. *The Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2013, vol. 39, no. 5, pp. 1398–1408. doi: 10.1037/a0030726
7. Fleck M. S., Samei E., Mitroff S. R. Generalized “Satisfaction of Search”: Adverse Influences on Dual-Target Search Accuracy. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2010, vol. 16, no. 1, pp. 60–71. doi: 10.1037/a0018629
8. Gorbunova E. Perceptual similarity in visual search for multiple targets. *Acta Psychologica*, 2017, vol. 173, pp. 46–54. doi: 10.1016/j.actpsy.2016.11.010.
9. Horowitz T.S., Wolfe J.M. Visual search has no memory. *Nature*, 1998, vol. 394 (6693), pp. 575–577. doi: 10.1038/29068
10. Kwak H.-W., Dagenbach D., Egeth H. Further evidence for a time-independent shift of the focus of attention. *Perception & Psychophysics*, 1991, vol. 49, no. 5, pp. 473–480. doi: 10.3758/BF03212181
11. Moraglia G. Display organization and the detection of horizontal line segments. *Perception & Psychophysics*, 1989, vol. 45, no. 3, pp. 265–272. doi: 10.3758/BF03210706
12. Oh S.H., Kim M.S. The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, vol. 11, no. 2, pp. 275–281. doi: 10.3758/BF03196570
13. Pechenkova E.V., Falikman M.V. Reshenie pertseptivnoi zadachi kak vzaimodeistvie mezhdru voskhodyashchimi i niskhodyashchimi protsessami pererabotki zritel'noi informatsii [The perceptual task solution as the interaction between bottom-up and top-down processes of information processing]. *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psikhologiya* [Theoretical and Experimental Psychology], 2010, no. 3, pp. 52–65. (In Russ., abstr. in Engl.).
14. Samuel S., Kundel H.L., Nodine C.F., Toto L.C. Mechanism of satisfaction of search: eye position recordings in the reading of chest radiographs. *Radiology*, 1995, vol. 194, no. 3, pp. 895–902. doi: 10.1148/radiology.194.3.7862998
15. Woodman G. F., Vogel E. K., Luck S. J. Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 2001, vol. 12, no. 3, pp. 219–224. doi: 10.1111/1467-9280.00339
16. Woodman G.F., Luck S.J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, vol. 11, no. 2, pp. 269–274. doi: 10.3758/BF03196569