

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

ДИНАМИКА ХРАНЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ РЕПРЕЗЕНТАЦИЙ В ЗРИТЕЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ

В. А. Хвостов*, И. С. Уточкин

hvo100v@mail.ru

НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. Ранее было показано, что признаки отдельных объектов при хранении в зрительной рабочей памяти (ЗРП) систематически смещаются в сторону усредненного признака по набору (Brady, Alvarez, 2011), свидетельствуя об иерархическом кодировании в ЗРП. Наше исследование направлено на изучение динамики хранения иерархических репрезентаций в зрительной рабочей памяти (ЗРП). Испытуемым на 200 мс предъявлялись четыре треугольника разной ориентации, и спустя 1, 4 или 7 секунд удержания в памяти они должны были отчитаться об ориентации одного из треугольников или о средней ориентации всех фигур. Перед началом предъявления давалась подсказка, сообщающая, что нужно запоминать: ориентацию одного конкретного треугольника, все четыре ориентации или среднюю ориентацию. Используя модель смешения (Zhang, Luck, 2008), мы оценивали вероятность нахождения репрезентации в памяти, ее точность, а также степень смещения к среднему. Было обнаружено значимое смещение к среднему в условии с запоминанием четырех ориентаций, что говорит об иерархическом кодировании ориентаций. Главный результат исследования состоит в том, что не было обнаружено никаких значимых изменений в динамике хранения отдельных элементов иерархической репрезентации (среднего и индивидуальных значений признака). Это подтверждает гипотезу о том, что иерархические репрезентации строятся скорее на этапе кодирования в ЗРП, чем во время хранения объектов. Также было обнаружено значимое снижение точности репрезентации и вероятности нахождения элемента в памяти с течением времени, что может свидетельствовать в пользу идеи об одновременном существовании процессов постепенного угасания и «внезапной смерти» в ЗРП.

Ключевые слова: зрительная рабочая память, иерархическое кодирование, забывание

В настоящее время практически отсутствуют представления о человеческой памяти как о единой системе, вместо этого выделяется несколько независимых модулей, выполняющих свои особые функции, которые могут сохраняться даже при поражении других модулей (Atkinson, Shiffrin, 1968): сенсорный регистр, «хрупкая память» (описанная относительно недавно – см. Vandembroucke et al., 2011), долговременная память, а также рабочая память. В составе последней различают, в частности, вербальную и зрительную рабочую память (Baddeley, Hitch, 1974). Под зрительной рабочей памятью (ЗРП) понимается система, которая используется для активного хранения зрительной информации

и для манипулирования информацией в ходе выполнения познавательных заданий (Brady et al., 2011).

Одним из наиболее дискуссионных и в то же время важных вопросов, связанных с ЗРП, является проблема забывания. Одни авторы, изучая пороги различения стимулов после разных по времени задержек между предъявлением и отчетом, приходили к выводу, что в ЗРП действует процесс угасания, то есть с течением времени репрезентации объектов становятся все более неточными, пока окончательно не исчезают (Ricker, Cowan, 2010). Другие авторы подвергли критике данную теорию после использования более точного «инструмента» оценки репрезентаций — модели смешения (Zhang, Luck, 2008), в результате чего пришли к теории «внезапной смерти», согласно которой с течением времени не уменьшается точность репрезентаций, а возрастает вероятность исчезновения элемента из памяти (которое происходит мгновенно) (Zhang, Luck, 2009). Существует также несколько теорий интерференции (Уточкин и др., 2016), в которых утверждается, что забывание может быть связано со смешением репрезентаций между собой и с другими репрезентациями и заданиями (Dubé et al., 2014; Pertzov et al., 2012; Lewandowsky et al., 2004).

Однако все эти теории основываются на предположении, что элементы в ЗРП хранятся независимо друг от друга. В то же время Брэйди и Альварес показали, что это не соответствует действительности (Brady, Alvarez, 2011). Они обнаружили, что припоминание размера отдельного объекта систематически смещено в сторону среднего размера по набору элементов, что привело их к созданию теории иерархического кодирования — новому взгляду на природу репрезентаций в ЗРП. Данная теория утверждает, что хранение каждого элемента в рабочей памяти не является независимым. Напротив, информация о каждом элементе — результат интеграции репрезентаций на нескольких уровнях: индивидуальном, на котором кодируется каждый отдельный элемент, и нескольких групповых, на которых кодируется ансамблевая статистика для всех запоминаемых объектов (например, среднее по какому-либо признаку). В свете новых представлений о хранении объектов в ЗРП остается открытым и неизученным вопрос о забывании иерархических репрезентаций с течением времени. А также необходимо ответить на вопрос, действительно ли иерархические репрезентации являются результатом кодирования в ЗРП, или же это скорее следствие способа хранения (например, более эффективное запоминание среднего по сравнению с индивидуальными объектами).

Методика

Все испытуемые являлись студентами департамента психологии НИУ ВШЭ: общее количество — 16 человек в возрасте от 18 до 25 лет (средний возраст — 19.2 года): 5 мужчин и 11 женщин. Испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение, у них отсутствовали травмы головного мозга, эпилепсия. Выборка формировалась из числа студентов-добровольцев, согласившихся участвовать в эксперименте за дополнительные баллы по учебным предметам.

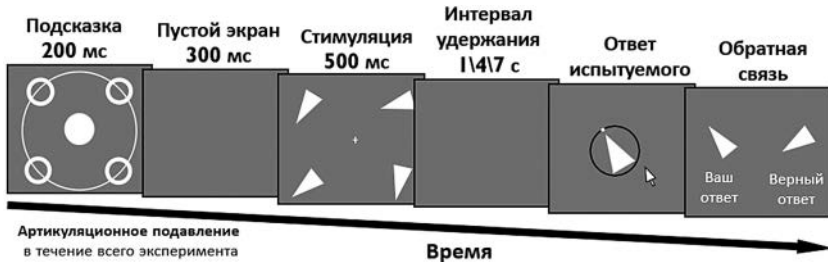


Рисунок 1. Временная структура пробы эксперимента

В эксперименте, проведенном в рамках данного исследования, ЗРП тестировалась после трех различных интервалов удержания (1, 4 и 7 секунд) на предмет запоминания одного из трех параметров: среднее по всем элементам в пробе, одного элемента, всех элементов (каждое задание давалось в отдельном экспериментальном блоке). С помощью модели смешения (Zhang, Luck, 2008), позволяющей разделить итоговое распределение ответов на две составляющих: равномерное распределение случайных ответов (когда тестируемый элемент не находился в памяти) и нормальное распределение ответов разной точности (в случае удержания тестируемого объекта в памяти), — разность между ответом испытуемого и правильным ответом переводилась в три показателя: точность репрезентации (стандартное отклонение нормального компонента распределения ответа), вероятность удержания элемента в памяти (единица минус площадь под равномерным распределением), а также смещение к среднему (смещение центра компонента нормального распределения в сторону среднего по пробе относительно правильного ответа).

Эксперимент состоял из 486 проб (примерное время прохождения — 50 минут, не считая перерывов между блоками). В начале каждой пробы испытуемому предъявлялась подсказка на 200 миллисекунд, которая сигнализировала о параметре, подлежащем отчету: только индивидуальный признак одной из четырех предъявленных фигур, или индивидуальный признак всех четырех фигур, или средний признак всех фигур (см. пример пробы на рис. 1). Затем, после 300 мс, в течение которых предъявлялся пустой экран, на мониторе появлялись 4 белых равнобедренных треугольника, расположенных на невидимой окружности и имеющих разную ориентацию острого угла (продолжительность предъявления — 500 мс). После этого снова появлялся пустой экран, в течение которого испытуемые должны были сосредоточиться на запоминаемом признаке, интервал удержания мог быть равным 1, 4 или 7 секунд. После этого тестовый треугольник появлялся в одном из пяти мест на экране (согласно подсказке): если он появлялся на месте, в котором был предъявлен один из треугольников (4 возможных места), то испытуемый должен был отчитаться об ориентации этого треугольника, если тестовый объект появлялся в центре экрана — то о средней ориентации всех предъявленных в пробе треугольников. Также параллельно с основным заданием испытуемые должны были вслух в постоянном ритме произносить какой-нибудь слог (например,

«БА»). Данный прием называется артикуляционным подавлением, он препятствует вербальному кодированию стимулов, которое необходимо для изучения именно ЗРП без участия вербальной рабочей памяти.

Результаты

При анализе показателя смещения к среднему было найдено взаимодействия между фактором времени и задачи ($F(4, 60) = 2.708$; $p = .038$; $\eta^2 = .153$), однако при изучении влияния фактора времени на каждую из задач по отдельности значимые различия не были обнаружены (для среднего: $F(2, 45) = 1.801$; $p = .177$; $\eta^2 = .074$; для одного объекта: $F(2, 45) = 3.254$; $p = .048$; $\eta^2 = .126$ (при поправках на множественные сравнения не обнаружено ни одного значимого различия); для четырех объектов: $F(2, 45) = 0.349$; $p = .707$; $\eta^2 = .015$). Также обнаружен главный эффект фактора задачи ($F(2, 30) = 86.158$; $p < .001$; $\eta^2 = .852$), состоящий в том, что смещение к среднему в задаче запоминания четырех объектов значимо больше, чем при запоминании среднего и одного объекта. Для точности репрезентации и вероятности нахождения элемента в памяти не найдено значимых взаимодействий между обоими факторами ($F(4, 60) = 0.653$; $p = .627$; $\eta^2 = .042$ и $F(4, 60) = 1.303$; $p = .279$; $\eta^2 = .080$, соответственно), в то время как обнаружены главные эффекты как для фактора времени ($F(2, 45) = 4.321$; $p = .022$; $\eta^2 = .224$ и $F(2, 30) = 4.772$; $p = .016$; $\eta^2 = .241$, соответственно), так и для фактора задания ($F(2, 30) = 70.288$; $p < .001$; $\eta^2 = .824$ и $F(2, 30) = 8.216$; $p < .001$; $\eta^2 = .354$). Это выражается в том, что при задаче на запоминание четырех объектов вероятность нахождения элемента в памяти и точность значимо ниже, чем при задаче на запоминание среднего и одного объекта. А также после интервала удержания, равного одной секунде, вероятность нахождения элемента в памяти и точность значимо выше, чем после четырех- и семисекундной задержки.

Обсуждение и выводы

В результате проведенного исследования не обнаружено значимых различий в динамике хранения как элементов иерархической репрезентации (среднего и одного отдельного элемента), так и самой иерархической репрезентации (условие с запоминанием 4 элементов). Несмотря на различную сложность этих заданий (запоминать четыре объекта сложнее, чем один), все они показывают одну и ту же динамику: с течением времени уменьшается точность хранения объектов, а также вероятность, что объект все еще находится в памяти. Последнее утверждение несет в себе одновременное подтверждение гипотез угасания (уменьшение точности репрезентаций с течением времени) и внезапной смерти (уменьшение вероятности нахождения элемента в памяти с течением времени), что подводит к идее, что, возможно, оба этих процесса могут иметь место в ЗРП. В то же время данные, полученные в ходе эксперимента, не показывают тенденции к большему усреднению, предсказываемую одной из теорий интерференции.

Также отсутствие качественных изменений в хранении всех элементов иерархической репрезентации свидетельствует, скорее, в пользу того, что фено-

мен иерархического кодирования связан именно с определенной формой кодирования, а не со специфическими процессами, происходящими во время хранения репрезентации. Однако данное утверждение необходимо дополнить изучением ЗРП при более коротких интервалах удержания (меньше секунды).

Литература

Уточкин И. С., Юревич М. А., Булатова М. Е. Зрительная рабочая память: методы, исследования, теории // Российский журнал когнитивной науки. 2016. Т. 3. № 3. С. 58–76.

Atkinson R. C., Shiffrin R. M. Human memory: A proposed system and its control processes // The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory / K. W. Spence, J. T. Spence (Eds.). New York: Academic Press, 1968. P. 742–775.

Baddeley A. D., Hitch G. J. Working memory // Recent Advances in Learning and Motivation / G. A. Bower (Ed.). New York: Academic Press, 1974. P. 47–89.

Brady T. F., Alvarez G. A. Hierarchical encoding in visual working memory: ensemble statistics bias memory for individual items // Psychological Science. 2011. Vol. 22. No. 3. P. 384–392. doi:10.1177/0956797610397956

Brady T. F., Konkle T., Alvarez G. A. A review of visual memory capacity: Beyond individual items and toward structured representations // Journal of Vision. 2011. Vol. 11. No. 5. P. 1–34. doi:10.1167/11.5.4

Dubé C., Zhou F., Kahana M. J., Sekuler R. Similarity based distortion of visual short-term memory is due to perceptual averaging // Vision Research. 2014. Vol. 96. P. 8–16. doi:10.1016/j.visres.2013.12.016

Lewandowsky S., Duncan M., Brown G. D. A. Time does not cause forgetting in short-term serial recall // Psychonomic Bulletin & Review. 2004. Vol. 11. No. 5. P. 771–790. doi:10.3758/bf03196705

Pertsov Y., Dong M. Y., Peich M.-C., Husain M. Forgetting what was where: The fragility of object-location binding // PLoS One. 2012. Vol. 7. No. 10. P. e48214. doi:10.1371/journal.pone.0048214

Ricker T. J., Cowan N. Loss of visual working memory within seconds: The combined use of refreshable and nonrefreshable features // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2010. Vol. 36. No. 6. P. 1355–1368. doi:10.1037/a0020356

Vandenbroucke A. R. E., Slighte I. G., Lamme V. A. F. Manipulations of attention dissociate fragile visual short-term memory from visual working memory // Neuropsychologia. 2011. Vol. 49. No. 6. P. 1559–1568. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.044

Zhang W., Luck S. J. Discrete fixed-resolution representations in visual working memory // Nature. 2008. Vol. 453. No. 7192. P. 233–235. doi:10.1038/nature06860

Zhang W., Luck S. J. Sudden death and gradual decay in visual working memory // Psychological Science. 2009. Vol. 20. No. 4. P. 423–428. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02322.x

Time-Course of Retaining Hierarchical Representations in Visual Working Memory

Khvostov V. A.* & Utochkin I. S.

hvo100v@mail.ru

National Research University Higher School of Economics, Moscow

Abstract. Studies have shown that the features of individual items retrieved from visual working memory (VWM) are systematically biased towards the mean feature of a sample set

(Brady & Alvarez, 2011), suggesting hierarchical encoding in VWM. In our work, we investigated how hierarchical representations are stored over time. Observers were shown four differently oriented triangles for 200 ms and, after delays of 1, 4, or 7 seconds, they had to report either one individual orientation or the average orientation of all triangles rotating a probe circle. Before set presentations, observers were informed that they had to remember one particular orientation, all four individual orientations, or the average orientation. Using the mixture model (Zhang & Luck, 2008), we estimated the probability of a tested representation being in VWM and its precision, as well as a systematic bias that would indicate hierarchical encoding. We found a strong bias towards the mean in the “remember four” condition, which provides evidence for hierarchical encoding in VWM. Our main result was the absence of significant changes in retaining the elements of a hierarchical representation (the mean and individual features). This supports the idea that hierarchical representations are related to encoding, rather than storage in VWM. Both fidelity and the probability of an item being in memory decrease over time. The evidence supports the “sudden death” and “gradual decay” accounts for storing hierarchical representations.

Keywords: visual working memory, hierarchical encoding, forgetting