

Михалев Н.А.¹, Тюрина Н.А.¹, Марков Ю.А.¹ Объектно-пространственное связывание в реалистичных сценах в зрительной рабочей памяти

Mikhalev N.A.¹, Tiurina N.A.¹, Markov Yu.A.¹ Object-location binding in realistic scenes in visual working memory

¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Ошибки объектно-пространственного связывания – правильное запоминание информации об объектах, но ошибочное приписывание этим объектам пространственного расположения – являются типичными для повседневных задач, требующих привлечения ресурсов зрительной рабочей памяти. Изучению ошибок такого рода посвящено большое количество исследований, однако, не ясно, что именно происходит с объектно-пространственным связыванием в реалистичных сценах, где существуют особые законы и правила? Мы изучили данный вопрос в эксперименте, в котором респонденты запоминали положения объектов в реалистичных сценах. В половине проб целевой объект был размещен согласно правилам сцены, во второй половине проб расположение целевого объекта не соответствовало правилам сцены. Респонденты лучше запоминали объекты, расположенные по правилам сцены. Мы предполагаем, что грамматика сцены усиливает объектно-пространственное связывание при помощи направленного внимания.

Ключевые слова: зрительная рабочая память, реальные объекты, объектно-пространственное связывание, грамматика сцены

Введение

Решение рутинных задач требует анализа большого количества информации от органов чувств. Обработка зрительной информации о различных окружающих нас объектах требует привлечения ресурсов систем восприятия и памяти. Немаловажную роль в этом процессе играет зрительная рабочая память (ЗРП), которая не только временно сохраняет информацию в сознании, но и делает ее легко доступной для последующей обработки [Luck и Vogel, 2013]. Однако объем хранилища ЗРП ограничен, по данным некоторых исследований, составляет примерно 3-4 элемента [Luck и Vogel, 1997; Cowan, 2001, Awh и др., 2007; Zhang и Luck 2008].

Современная психологическая наука не может дать однозначного ответа на вопрос о том, как именно хранится информация об объектах в ЗРП. Часть исследований показывает, что ЗРП хранит информацию об отдельных признаках объектов [Bays, Catalao, & Husain, 2009; Bays, Wu, & Husain, 2011; Fougne & Alvarez, 2011; Fougne, Cormiea, & Alvarez, 2013; Markov, Tiurina, & Utochkin, 2019; Markov, Utochkin, & Brady, 2021; Pertzov, Dong, Peich, & Husain, 2012; Shin & Ma, 2017; Wang, Cao, Theeuwes, Olivers, & Wang, 2017; Wheeler & Treisman, 2002]. Однако, существуют работы, утверждающие, что объекты могут храниться в связанном состоянии как самостоятельные единицы [Cowan, Chen, & Rouder, 2004; Kahneman, Treisman, & Gibbs, 1992; Lee & Chun, 2001; Luck & Vogel, 1997; Luria & Vogel, 2011; Treisman, 1999; Vogel, Woodman, & Luck, 2001; Xu, 2002; Xu & Chun, 2006].

Процесс связывания зрительных признаков является одним из основных процессов, обеспечивающих кодирование информации об объектах, их признаках и местоположениях, и отвечает за формирование целостной репрезентации объектов в ЗРП. Согласно теории интеграции признаков [Treisman, Gelade, 1980; Treisman, 2006; Treisman, 1996; Treisman & Zhang, 2006], различные базовые признаки объекта, такие как: цвет, ориентация, пространственная частота, яркость, направление движения – обрабатываются зрительной системой параллельно и независимо на отдельных картах признаков. Данная стадия обработки не требует включения процессов внимания. Наборы карт учитывают расположения каждого признака в пространстве. Однако внимание играет важную роль в формировании связанного образа объектов, так как поддерживает объединение отдельных признаков на главной карте местоположений.

Отдельно стоит рассмотреть объектно-пространственное связывание, представляющее собой не объединение отдельных признаков в интегрированные юниты, а привязку уже объединенных элементов к их пространственным позициям. Энн Трейсмэн [Treisman, 1996]

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... определяет объектно-пространственное связывание как процесс, соединяющий между собой информацию о том «что» было увидено и «где» это «что» находилось. Такое понимание можно ассоциировать с вентральным путем «что» и дорсальным путем «где», предметная информация кодируется по первому пути, пространственная – по второму [Нахбу и др., 1991; Ungerleider, 1982]. Также предполагается существование двух отдельных “хранилищ” [Lee, Chun, 2001] для объектов и их местоположений, поскольку увеличение количества запоминаемых местоположений, не уменьшает объем запоминаемых объектов.

Дж. Вуд [Wood, 2011] при помощи нескольких экспериментов показал взаимодействие между пространственной и объектной памятью. Объем объектной памяти в двойной задаче одновременного запоминания местоположений и цветов, которые никак не были связаны друг с другом, не уменьшался при увеличении количества необходимых для запоминания пространственных местоположений, так же, как и объем пространственной памяти не зависел от увеличения нагрузки на объектную. При одновременном запоминании местоположений и объектов, которые обладают несколькими признаками – для которых необходимым процесс связывания (цвет и форма, цвет и определенное местоположение) – увеличение загруженности пространственной памяти уменьшало объем объектной памяти. Эти результаты также говорят о том, что пространственная память задействуется в процессах связывания.

В процессе связывания информации об объектах и их местоположениях большую роль играют медиальные височные доли и, в частности, гиппокамп [Postma, Kessels, Vanasselen, 2008; Glikmann-Johnston и др., 2014; но см. Allen и др., 2014]. Данные, полученные при исследовании пациентов с повреждениями мозга, также скорее указывают на независимость объектной и пространственной памяти: нарушения одних отделов затрагивают только пространственную, но не объектную память [Darling и др., 2006; Postma, Kessels, Vanasselen, 2008].

Обработка информации об объекте и его местоположении по двум различным каналам может привести к возникновению ошибок – неверному связыванию информации об объекте и его месте в пространстве. Мы точно помним сами объекты, все локации, на которых были расположены объекты, однако мы не можем правильно связать конкретный объект с его позицией и приписываем одним объектам позиции других объектов. Ошибки объектно-пространственного связывания предполагают пространственную перестановку элементов в рабочей памяти, когда один элемент меняется местоположением с другим элементом.

Можно предположить, что причина данной ошибки кроется в забывании информации об объектах, однако показано, что причиной является именно нарушение процесса связывания [Baays и др., 2009; Pertzov и др., 2012]. При забывании объектов информация о них не исчезает из памяти полностью, а скорее со временем происходит ослабление связей между информацией об объектах и их местоположениях [Pertzov и др., 2012].

Объем рабочей памяти зависит от типа запоминаяемой информации и может быть больше для объектов реального мира [Brady и Störmer, 2020; Brady и др., 2016]. Объекты реального мира – сложные стимулы, которые обладают большим количеством разнообразных признаков (цвета, ориентации, формы, размер, текстура и т.д.) и связи между этими признаками имеют определенный смысл [Asp, Störmer, & Brady, 2019]. Реалистичные стимулы обладают теми же свойствами, что и простые стимулы, они также подвержены ошибкам связывания, как между признаками [Markov, Utochkin, & Brady, 2021], так и между объектами и местоположениями [Markov & Utochkin, 2022]. Однако есть и некоторые важные отличия. Во-первых, объем зрительной рабочей памяти для знакомых объектов выше, чем для объектов, встречаемых впервые [Xie & Zhang, 2017a, 2017b]. Во-вторых, принадлежность объекта к категории влияет на объектно-пространственное связывание – больше ошибок связывания наблюдается для объектов из одной категории [Markov & Utochkin, 2022].

Кроме того, объекты реального мира подчиняются правилам пространственного расположения относительно других объектов (например, лейку мы ожидаем увидеть рядом с цветочным горшком, а молоток рядом с гвоздями), что позволяет лучше группировать объекты, тем самым увеличивая объем рабочей памяти [O'Donnell, Clement, & Brockmole, 2018]. Подобные “правила” или “законы” были хорошо изучены в работах, посвященным исследованию процессов восприятия и внимания в реальных зрительных сценах [Draschkow, Vö, 2017]. Зрительная сцена представляет собой упорядоченное и, в некоторой степени, предсказуемое расположение объектов. Семантические правила определяют принадлежность некоторых объектов к определенным контекстам (например, сковорода относится к кухне). Нарушение семантических правил заключается в том, что объекты, которые не должны принадлежать сцене и не ожидаются в ней, будут на ней присутствовать (например, газонокосилка удивительным образом окажется на кухне). Синтаксические правила указывают на определенные отношения объекта с окружающей средой. Например, одним объектам нужна поверхность, на которые они могут опираться, некоторые объекты имеют определенные пространственные отношения (например, сковорода стоит на плите, но не наоборот). Таким образом, синтаксические правила отвечают за соблюдение физических

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... законов в сцене и нарушение подобных правил приведет к тому, что объекты будут “летать” в сцене или располагаться против законов физики. Совокупность подобных правил называется грамматикой сцены [Draschkow, Vö, 2017]. Грамматика сцены позволяет предположить идентичность объектов на сцене, уменьшая нагрузку на процессы кодирования. Знания же правил и закономерностей грамматики сцены позволяет генерировать прогнозы, которые впоследствии могут быть использованы, например, для нахождения тех или иных объектов [Draschkow, Vö, 2017].

Реальные сцены по своей природе структурированы, значимые объекты появляются в предсказуемых, прогнозируемых местах. Восприятие настроено на эту структуру: когда структура сцены намеренно искажается, восприятие затруднено [Kaiser и др., 2020]. Мелисса Во и ее коллеги [Vö и др., 2019] продемонстрировали принцип распределения внимания при восприятии сцены. Испытуемым нужно было обнаружить цель (например, ноутбук или плюшевого медведя) в пределах одной сцены, при этом целевой объект на самом деле отсутствовал в сцене, таким образом, внимание не зависело от объекта и не направлялось им. Анализ движений глаз показал, что наблюдатели уделяли внимание именно тем участкам сцены, на которых предполагалось вероятное нахождение целевого объекта (например, искали ноутбук на столе, а не на потолке).

Могут ли законы сцены, усвоенные в предыдущем опыте и зафиксированные в долговременной памяти, вызвать ошибки связывания? В повседневной жизни мы, как правило, взаимодействуем с объектами, расположенными на определенных местах. Что будет, если объекты окажутся не там, где мы ожидаем их увидеть, а на необычных для них (и для наблюдателей) местах? В нашем исследовании затрагивается вопрос о том, как законы сцены влияют на объектно-пространственное связывание. Мы предполагаем, что количество ошибок объектно-пространственного связывания для объектов, находящихся не на свойственном им месте, будет выше, чем для объектов, расположенных согласно грамматике сцены.

Метод исследования

Участники исследования

В исследовании на добровольной основе приняли участие 60 студентов НИУ ВШЭ (40 женщин, средний возраст = 20.67, SD = 1.987). Респонденты не имели проблем со зрением (острота и цветовое восприятие) и неврологических проблем.

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... Сбор данных проведен онлайн с использованием PsychoPy v. 2020.1.3 [Peirce и др., 2019] и платформы Pavlov.org.

Стимульный материал

Для этого исследования мы подготовили набор стимулов на основе двух стимульных баз: SCEGRAM Database [Öhlschläger и Vo, 2017] и JURICS Base [Markov, Tiurina, Mikhalev, и Utochkin 2021], а также общедоступных изображений, опубликованных в Интернете.

Мы отобрали и обработали 12 фотографии жилых помещений – спальни, кухни, уборной – по следующим критериям:

- сцена должна содержать три пространственные позиции, где можно было бы разместить целевые объекты и дистракторы;
- сцена должна содержать минимум других объектов, которые могли бы быть приняты испытуемым за цели.

Некоторые сцены из SCEGRAM Database были изменены при помощи программного обеспечения Adobe Photoshop: мы убрали лишние предметы на сцене для того, чтобы избежать излишней загруженности сцены объектами, а также чтобы другие объекты на сцене не мешали запоминанию основного набора.

Мы отобрали и обработали 144 фотографии объектов реального мира. Для того, чтобы проконтролировать фактор размера стимула, мы подбирали объекты таким образом, чтобы сами реальные объекты были сходного размера, а их изображения могли быть вписаны в квадрат размером 120×120 пикселей.

В каждой пробе была предъявлена сцена с 3-мя объектами. Каждый из объектов встречался только один раз на протяжении всего эксперимента. Каждое изображение сцены использовалось 4 раза, для 4 разных проб, в каждой из которых набор объектов и позиции объектов были уникальными. Таким образом, нами было создано 48 сцен с уникальными объектами в каждой. Целевые объекты и дистракторы были расположены на сцене на равном расстоянии друг от друга для того, чтобы ошибки связывания не зависели от пространственных характеристик, а также чтобы избежать группировки элементов.

В эксперименте мы варьировали местоположение целевого объекта внутри сцены. Сцена всегда содержала три объекта, каждый из которых потенциально мог быть целевым. Один объект из трех в сцене всегда был расположен в соответствии с грамматикой сцены, то есть там, где подобные объекты встречаются в обыденной жизни (например, часы – на тумбочке, кружка – на столе). Расположение двух оставшихся объектов противоречило законам сцены (например, подушка на полу и мусорное ведро на кровати). В половине проб целевым объектом выступал элемент, расположенный по правилам сцены (Рисунок 1А), а во второй половине проб – расположенный не по правилам сцены (Рисунок 1В).



Рис. 1. А – целевой объект расположен согласно законам сцены, расположение дистракторов не соответствует законам сцены; В – расположение целевого объекта и одного из дистракторов не соответствуют законам сцены, второй дистрактор расположен согласно законам сцены. Целевой объект отмечен красным квадратом. Изображения сцен взяты из базы SCEGRAM [Öhlschläger и Vo, 2017] и модифицированы согласно целям исследования.

Процедура

Участники исследования должны были запомнить набор из трех объектов, находящихся в зрительной сцене. Вначале предъявлялось изображение сцены, не содержащей объектов (1 секунда), затем к сцене одновременно добавлялись три объекта (1 секунда). Далее сцена с объектами исчезала, и участник видел белый экран (1 секунда). После этого на белом экране на месте одного из ранее предъявленных элементов появлялся красный квадрат, указывающий на местоположение целевого стимула. В нижней части экрана были предъявлены все три стимульных объекта. Испытуемый должен был вспомнить, какой из объектов был предъявлен на указанной позиции и дать ответ, используя клавиши «1», «2» или «3» соответственно. Всего в эксперименте было 48 проб: 24 пробы для условия, когда целевой объект располагался согласно законам сцены, и 24 пробы для условия, когда расположение целевого объекта

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... противоречило законам сцены. Общее время длительности эксперимента занимало от 10 до 15 минут.

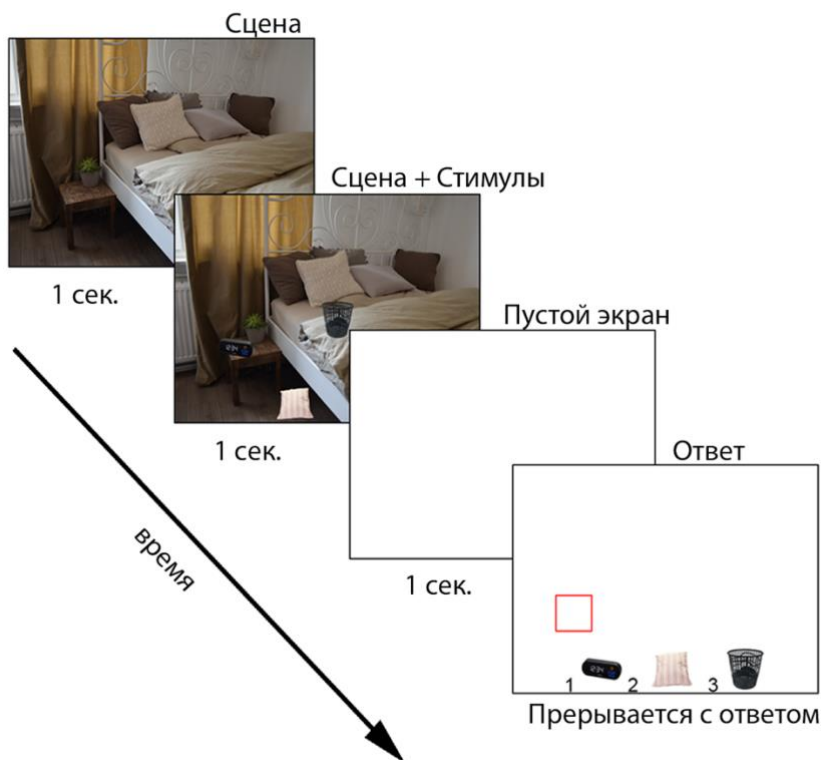


Рис. 2. Дизайн эксперимента.

Мы варьировали соответствие местоположения целевого объекта грамматике сцены:

- конгруэнтное условие: целевой объект расположен согласно правилам сцены
- неконгруэнтное условие: расположение целевого объекта противоречит правилам сцены.

Мы оценивали процент правильных ответов и скорость реакции для каждого условия. Статистический анализ проведен с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок, двухсторонний (two-directional). Для обработки результатов использовались программное обеспечение JASP v. 0.13.1 [JASP Team, 2020] и R-Studio v. 1.2.5019 [RStudio Team, 2020]. Данные эксперимента размещены в открытом доступе на платформе OSF.io и доступны по ссылке: <https://osf.io/35z8w/>.

Результаты

Обнаружено, что процент правильных ответов для конгруэнтного условия значимо выше (89.4%), чем для неконгруэнтного условия (87%): $t(59) = 2.027$, $p = .047$, $Cohen's d = .262$,

График 1А). Время реакции между двумя условиями не отличалось: ($M_{\text{конгруэнтное}} = 2.228$, $M_{\text{неконгруэнтное}} = 2.273$; $t(59) = .800$, $p = .427$, $Cohen's d = .103$).

Анализ ответов, данных респондентами в неконгруэнтном условии, позволил нам предположить, что участники могли совершать ошибки двух видов. Они могли совершить "комплементарную" ошибку, то есть неверно выбрать тот объект, который соответствовал локации, с точки зрения грамматики сцены. Например, вместо объекта «Тапочки» на локации «Диван» испытуемые выбирали «Джойстик». С другой стороны, могли иметь место ошибки угадывания, когда испытуемый ошибочно выбирал объект, который находился на другой локации и соответствовал этой локации (вместо объекта «Тапочки» на локации «Диван» выбирали «Кружку» из локации «Стол»). Мы обнаружили, что вероятности совершения этих двух ошибок испытуемыми значимо не различались ($M_{\text{ошибки угадывания}} = .065$, $M_{\text{комплементарные ошибки}} = .063$; $t(59) = .218$, $p = .828$, $Cohen's d = .028$, График 1Б).

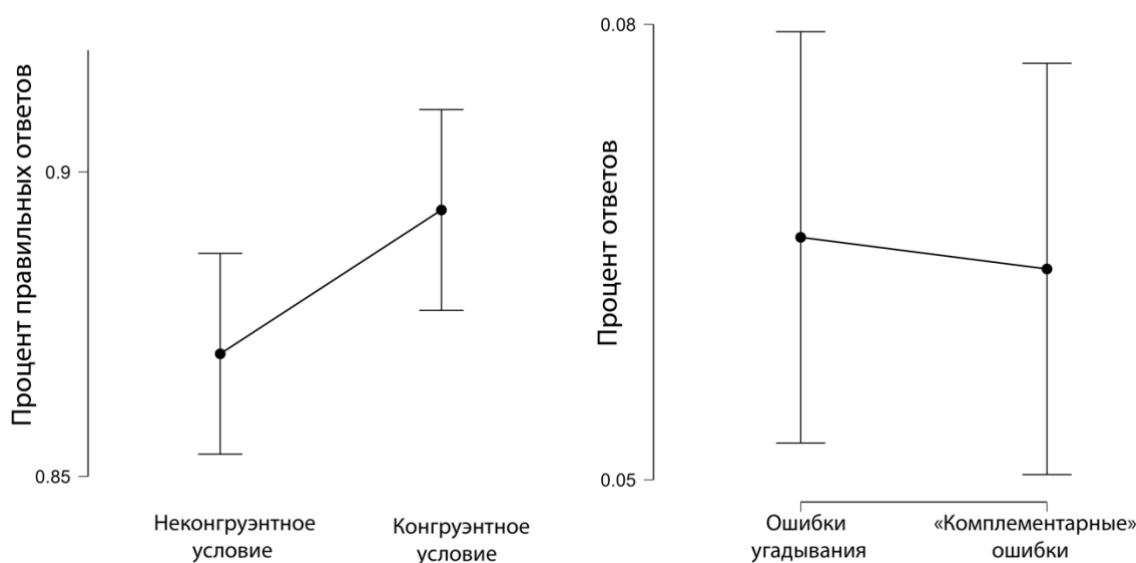


Рис. 3. График слева – Процент правильных ответов в конгруэнтном и неконгруэнтном условии; График справа – Анализ ошибок в условии, когда объекты располагались против правил сцен. Столбики ошибок отражают 95% доверительный интервал.

Обсуждение результатов

Мы обнаружили, что местоположения объектов, расположенных согласно правилам сцены, запоминались лучше местоположений объектов, расположенных против правил сцены. Однако, наше предположение о том, что правила сцены могут вызывать новые ошибки объектно-пространственного связывания не подтвердилось: респонденты в условии, в котором целевой объект был расположен против правил сцены, равновероятно выбирали

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... объект, который должен быть расположен на месте целевого, и объект, который уже был расположен согласно правилам сцены.

Согласно исследованиям зрительного поиска, внимание направляется соответственно свойствам и законам сцены [Wolfe, Horowitz, 2017; Vö и др., 2019]. Таким образом, как только мы предъявляли сцену, мы ожидали, что внимание респондентов будет направлено на те места, где можно предположить появление объекта. Согласно теории интеграции признаков [Treisman, 2006; Treisman, Zhang, 2006], внимание, связывающее и объединяющее отдельные признаки, необходимо для корректной репрезентации объекта. Согласно исследованиям, проведенным на простых стимулах, хранение информации о простых объектах в зрительной рабочей памяти требует ресурсов внимания [Fougnie и др., 2010; Brown и Brockmole, 2010]. Недавние исследования, проведенные с использованием изображений реальных объектов, показали, что привязка местоположений следует за формированием объектной репрезентации [Markov, Utochkin, Brady 2021]. При этом возникновение ошибок связывания зависит от принадлежности объектов к одной или разным категориям [Markov, Utochkin, 2022]. Таким образом, мы можем предположить, что направленное внимание позволяет лучше связывать объекты и их местоположения в зрительной рабочей памяти, а соблюдение законов сцены лишь способствует более «прочному» связыванию.

Однако, мы не обнаружили, что правила сцены порождают определенные ошибки связывания. Это может указывать на то, что ошибки связывания возникают на этапе кодирования, а не на этапе сохранения информации в ЗРП. Данное предположение не вполне согласуется с результатами предыдущих исследований, которые показали, что ошибки связывания возникают именно во время хранения информации в зрительной рабочей памяти [Pertzov и др., 2012]. Информация о сцене в нашем эксперименте была не релевантна задаче, и, возможно, респонденты не запоминали сцену. Таким образом, на этапе хранения информации, когда информация о сцене недоступна, новые ошибки связывания уже не могли быть основаны на правилах сцены.

Также важно отметить, что процент правильных ответов в задаче на запоминание местоположений как в конгруэнтном, так и в неконгруэнтном условиях был достаточно высоким – больше 85%. Предыдущие исследования, также использующие изображения реальных объектов из разных категорий и, в целом, сходный дизайн (3-4 объекта на экране, показанных на две секунды), показывают более низкую точность: процент правильных ответов был лишь около 70% [Markov и Utochkin, 2022]. Результаты нашего исследования

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... показали, что ошибки объектно-пространственного связывания происходят реже для изображений реальных объектов, предъявленных в реалистичных сценах, чем для простых объектов [Bays и др., 2009; Hollingworth и Rasmussen, 2010] или изображений реальных объектов, предъявленных изолировано без контекста сцены [Pertsov и др. 2012; Markov и Utochkin, 2022]. Увеличение точности ответов может быть связано с наличием сцены, позволяющей ориентироваться на семантические правила и направлять внимание на расположение целевых объектов [Draschkow, Vö, 2017].

Современные исследования все чаще демонстрируют необходимость использования стимульного материала, более приближенного к повседневному восприятию в когнитивных экспериментах [Brady и др., 2019; Draschkow и др. 2021]. Однако использование изображений объектов реального мира в качестве стимулов сопряжено с некоторыми ограничениями. Одним из наших ограничений является то, что мы использовали небольшое количество сцен и объектов, а также не полностью контролировали все различия в низкоуровневых признаках между объектами. Для повышения внешней валидности исследования необходимо подобрать большее количество разнообразных объектов, при этом обладающих схожими низкоуровневыми признаками. В будущих исследованиях для более точного изучения хранения информации в реалистичных сценах будет важно проконтролировать низкоуровневые характеристики изображений, например, дополнительно выровнять яркость стимулов при помощи SHINE Toolbox [Willenbockel, 2018].

Современные исследование уже показали, что для эффективного решения задач с реалистичными объектами достаточно хранить в рабочей памяти минимум информации, необходимой для выполнения текущей задачи [Draschkow и др. 2021]. Наше исследование продемонстрировало, что включенность объектов в сцену согласно правилам грамматики сцены способствует улучшению запоминания объектов и их местоположений. Направленное на объект внимание во время кодирования информации в зрительную рабочую память также способствует запоминанию.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-313-90064.

Литература

Allen, R.J., Vargha-Khadem, F., & Baddeley, A.D. (2014). Item-location binding in working

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...
memory: Is it hippocampus-dependent? *Neuropsychologia*, 59, 74–84.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.04.013>.

Asp, I.E., Störmer, V.S., & Brady, T.F. (2019). Greater visual working memory capacity for visually-matched stimuli when they are recognized as meaningful. *PsyArXiv*, March(9).

Awh, E., Barton, B., & Vogel, E.K. (2007). Visual Working Memory a Fixed Number of Represents Items Regardless of Complexity. *Psychological Science*, 18(7), 622–628.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01949.x>.

Bays, P.M., Catalao, R.F.G., & Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, 9(10), 7–7. <https://doi.org/10.1167/9.10.7>.

Bays, P.M., Wu, E.Y., & Husain, M. (2011). Storage and binding of object features in visual working memory. *Neuropsychologia*, 49(6), 1622–1631.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.023>.

Brady, T.F., & Störmer, V.S. (2020). Greater capacity for objects than colors in visual working memory : Comparing memory across stimulus spaces requires maximally dissimilar foils. *PsyArXiv*.

Brady, T.F., & Störmer, V.S. (2021). The role of meaning in visual working memory: Real-world objects, but not simple features, benefit from deeper processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. <https://doi.org/10.1037/xlm0001014>.

Brady, T.F., Störmer, V.S., Shafer-Skelton, A., Williams, J.R., Chapman, A.F., & Schill, H.M. (2019). Scaling up visual attention and visual working memory to the real world. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 70, 29–69.
<https://doi.org/10.1016/bs.plm.2019.03.001>.

Brown, L.A., & Brockmole, J.R. (2010). The role of attention in binding visual features in working memory: Evidence from cognitive ageing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(10), 2067–2079. <https://doi.org/10.1080/17470211003721675>.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short term memory. A reconsideration of storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(4), 87–186.
<https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>.

Cowan, N., Chen, Z., & Rouder, J.N. (2004). Constant capacity in an immediate serial-recall task: A logical sequel to Miller (1956). *Psychological Science*, *15*(9), 634–640. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00732.x>.

Darling, S., Della Sala, S., Logie, R.H., & Cantagallo, A. (2006). Neuropsychological evidence for separating components of visuo–spatial working memory. *Journal of Neurology*, *253*(2), 176–180. <https://doi.org/10.1007/s00415-005-0944-3>.

Draschkow, D., Kallmayer, M., & Nobre, A.C. (2021). When Natural Behavior Engages Working Memory. *Current Biology*, *31*(4), 869-874.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.11.013>.

Draschkow, D., & Võ, M.L.H. (2017). Scene grammar shapes the way we interact with objects, strengthens memories, and speeds search. *Scientific Reports*, *7*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16739-x>.

Fougnie, D., & Alvarez, G.A. (2011). Object features fail independently in visual working memory: evidence for a probabilistic feature-store model. *Journal of Vision*, *11*(12), 3. <https://doi.org/10.1167/11.12.3>.

Fougnie, D., Cormiea, S.M., & Alvarez, G.A. (2013). Object-based benefits without object-based representations. *Journal of Experimental Psychology: General*, *142*(3), 621–626. <https://doi.org/10.1037/a0030300>.

Glikmann-Johnston, Y., Saling, M.M., Chen, J., O’Keefe, G., Gong, S., Tochon-Danguy, H., Mulligan, R., Reutens, D.C. (2015). Hippocampal 5-HT1A receptor binding is related to object–location memory in humans. *Brain Structure and Function*, *220*(1), 559–570. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0675-7>.

Haxby, J.V., Grady, C L., Horwitz, B., Ungerleider, L.G., Mishkin, M., Carson, R.E., Herscovitch, P., Schapiro, M. B., Rapoport, S. I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *88*(5), 1621–1625. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.5.1621>.

Hollingworth, A. (2007). Object-position binding in visual memory for natural scenes and object

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... arrays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(1), 31–47. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.1.31>.

Hollingworth, A., & Rasmussen, I.P. (2010). Binding objects to locations: The relationship between object files and visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(3), 543–564. <https://doi.org/10.1037/a0017836>.

JASP Team (2020). JASP (Version 0.13.1) [Computer software].

Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175–219. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90007-O](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90007-O).

Kaiser, D., Häberle, G., & Cichy, R.M. (2020). Cortical sensitivity to natural scene structure. *Human Brain Mapping*, 41(5), 1286–1295. <https://doi.org/10.1002/hbm.24875>.

Kovacs, O., & Harris, I.M. (2019). The role of location in visual feature binding. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 81(5), 1551–1563. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-01638-8>.

Le-Hoa Võ, M., & Wolfe, J.M. (2015). The role of memory for visual search in scenes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1339(1), 72–81. <https://doi.org/10.1111/nyas.12667>.

Lee, D., & Chun, M.M. (2001). What are the units of visual short-term memory, objects or spatial locations? *Perception & Psychophysics*, 63(2), 253–257. <https://doi.org/10.3758/BF03194466>.

Luck, S.J., & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279–281. <https://doi.org/10.1038/36846>.

Luck, S.J., & Vogel, E.K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006>.

Luria, R., & Vogel, E.K. (2011). Shape and color conjunction stimuli are represented as bound objects in visual working memory. *Neuropsychologia*, 49(6), 1632–1639. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.11.031>.

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...

Markov, Y.A., Tiurina, N.A., Mikhalev N., & Utochkin I.S. (2021) JURICS Base: Joint Universal Real-world Images with the Continuous States. *Perception*, 50, Issue1_SUPPL, P.140-140.

Markov, Y.A., Tiurina, N.A., & Utochkin, I.S. (2019). Different features are stored independently in visual working memory but mediated by object-based representations. *Acta Psychologica*, 197, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.05.003>.

Markov, Y.A., & Utochkin, I.S. (2022). Effects of item distinctiveness on the retrieval of objects and object-location bindings from visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*. <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02451-0>.

Markov, Y.A., Utochkin, I.S., & Brady, T.F. (2021). Real-world objects are not stored in holistic representations in visual working memory. *Journal of Vision*, 21(3), 18. <https://doi.org/10.1167/jov.21.3.18>.

Mishkin, M., & Ungerleider, L.G. (1982). Two cortical visual systems. *Analysis of Visual Behavior*, 549–586.

O'Donnell, R.E., Clement, A., & Brockmole, J.R. (2018). Semantic and functional relationships among objects increase the capacity of visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 44(7), 1151–1158. <https://doi.org/10.1037/xlm0000508>.

Öhlschläger, S., & Vö, M.L.-H. (2017). SCEGRAM: An image database for semantic and syntactic inconsistencies in scenes. *Behavior Research Methods*, 49(5), 1780–1791. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0820-3>.

Peirce, J., Gray, J.R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... Lindeløv, J.K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>.

Pertsov, Y., Dong, M.Y., Peich, M.C., & Husain, M. (2012). Forgetting What Was Where: The Fragility of Object-Location Binding. *PLoS ONE*, 7(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048214>.

Postma, A., Kessels, R.P.C., & van Asselen, M. (2008). How the brain remembers and forgets where things are: The neurocognition of object-location memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*,

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... 32(8), 1339–1345. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.001>.

Shin, H., & Ji Ma, W. (2017). Visual short-term memory for oriented, colored objects. *Journal of Vision*, 17(9), 1–19. <https://doi.org/10.1167/17.9.12>.

Treisman, A. (1999). Solutions to the binding problem: Progress through controversy and convergence. *Neuron*, 24(1), 105–110. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80826-0](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80826-0).

Treisman, A. (1996). The binding problem. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 171–178. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(96\)80070-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80070-5).

Treisman, A. (2006). *How the deployment of attention determines what we see. Visual Cognition* (Vol. 14). <https://doi.org/10.1080/13506280500195250>.

Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration of Attention. *Cognitive Psychology*, 136, 97–136.

Treisman, A., & Zhang, W. (2006). Location and binding in visual working memory. *Memory and Cognition*, 34(8), 1704–1719. <https://doi.org/10.3758/BF03195932>.

Võ, M.L.H., Boettcher, S.E., & Draschkow, D. (2019). Reading scenes: how scene grammar guides attention and aids perception in real-world environments. *Current Opinion in Psychology*, 29, 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.03.009>.

Vogel, E.K., Woodman, G.F., & Luck, S.J. (2001). Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 27(1), 92–114. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.27.1.92>.

Wang, B., Cao, X., Theeuwes, J., Olivers, C.N.L., & Wang, Z. (2017). Separate capacities for storing different features in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(2), 226–236. <https://doi.org/10.1037/xlm0000295>.

Wheeler, M.E., & Treisman, A.M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology. General*, 131(1), 48–64. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.131.1.48>.

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...

Wolfe, J.M., & Horowitz, T.S. (2017). Five factors that guide attention in visual search. *Nature Human Behaviour*, 1(3), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0058>.

Wood, J.N. (2011). When do spatial and visual working memory interact? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(2), 420–439. <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0048-8>.

Wyble, B., Swan, G., & Callahan-Flintoft, C. (2016). Measuring Visual Memory in Its Native Format. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(11), 790–791. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.08.012>.

Xie, W., & Zhang, W. (2017a). Familiarity increases the number of remembered Pokémon in visual short-term memory. *Memory and Cognition*, 45(4), 677–689. <https://doi.org/10.3758/s13421-016-0679-7>.

Xie, W., & Zhang, W. (2017b). Familiarity speeds up visual short-term memory consolidation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(6), 1207–1221. <https://doi.org/10.1037/xhp0000355>.

Xu, Y. (2002). Encoding color and shape from different parts of an object in visual short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 64(8), 1260–1280. <https://doi.org/10.3758/BF03194770>.

Xu, Y., & Chun, M.M. (2006). Dissociable neural mechanisms supporting visual short-term memory for objects. *Nature*, 440(7080), 91–95. <https://doi.org/10.1038/nature04262>.

Zhang, W., & Luck, S.J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233–U13. <https://doi.org/10.1038/Nature06860>.

Поступила в редакцию 18 октября 2021 г. Дата публикации: 30 июня 2022 г.

Сведения об авторах

Михалев Никита Александрович. Стажер-исследователь научно-учебной лаборатории Когнитивных исследований Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». ул. Мясницкая, д. 20, 101000 Москва, Россия.

Email: namikhalev@edu.hse.ru

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...
Тюрина Наталья Александровна. Кандидат психологических наук, доцент департамента психологии, факультет социальных наук, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, д. 20, 101000 Москва, Россия.

Email: natalyatyurina@gmail.com

Марков Юрий Алексеевич. Младший научный сотрудник научно-учебной лаборатории Когнитивных исследований Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», аспирант Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Мясницкая, д. 20, 101000 Москва, Россия.

Email: yuamarkov@gmail.com

Ссылка для цитирования

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание в реалистичных сценах в зрительной рабочей памяти. Психологические исследования. 2022. Т. 15, № 83. С. 5. URL: <https://psystudy.ru>

Адрес статьи: <https://doi.org/10.54359/ps.v15i83.1137>

Mikhalev N.A.¹, Tiurina N.A.¹, Markov Yu.A.¹ Object-location binding in realistic scenes in visual working memory

¹ National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Erroneous object-location binding – when the object information is stored correctly, but not the spatial location of these objects – is typical for everyday tasks that require visual working memory. Many studies have been focused on binding errors; however, it is not clear how object-location binding is functioning in realistic scenes with its specific laws and rules. In the current study participants were asked to remember the positions of objects in realistic scenes. Half of the trials contained the target object places within the scene according to the rules, whereas in the other half the target object was placed despite the rules of the scene. Participants were found to remember better the objects located in accordance to the rules of the scene. We assume that the structure of the scene enhances the object-location binding by means of directed attention.

Keywords: visual working memory, real-world objects, object-location binding, scene grammar

Funding

The research was carried out with the financial support of the RFBR within the framework of scientific project No. 20-313-90064.

References

Allen, R.J., Vargha-Khadem, F., & Baddeley, A.D. (2014). Item-location binding in working memory: Is it hippocampus-dependent? *Neuropsychologia*, *59*, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.04.013>.

Asp, I.E., Störmer, V.S., & Brady, T.F. (2019). Greater visual working memory capacity for visually-matched stimuli when they are recognized as meaningful. *PsyArXiv*, *March*(9).

Awh, E., Barton, B., & Vogel, E.K. (2007). Visual Working Memory a Fixed Number of Represents Items Regardless of Complexity. *Psychological Science*, *18*(7), 622–628. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01949.x>.

Bays, P.M., Catalao, R.F.G., & Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, *9*(10), 7–7. <https://doi.org/10.1167/9.10.7>.

Bays, P.M., Wu, E.Y., & Husain, M. (2011). Storage and binding of object features in visual working memory. *Neuropsychologia*, 49(6), 1622–1631. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.023>.

Brady, T.F., & Störmer, V.S. (2020). Greater capacity for objects than colors in visual working memory : Comparing memory across stimulus spaces requires maximally dissimilar foils. *PsyArXiv*.

Brady, T.F., & Störmer, V.S. (2021). The role of meaning in visual working memory: Real-world objects, but not simple features, benefit from deeper processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. <https://doi.org/10.1037/xlm0001014>.

Brady, T.F., Störmer, V.S., Shafer-Skelton, A., Williams, J.R., Chapman, A.F., & Schill, H.M. (2019). Scaling up visual attention and visual working memory to the real world. *Psychology of Learning and Motivation - Advances in Research and Theory*, 70, 29–69. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2019.03.001>.

Brown, L.A., & Brockmole, J.R. (2010). The role of attention in binding visual features in working memory: Evidence from cognitive ageing. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(10), 2067–2079. <https://doi.org/10.1080/17470211003721675>.

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short term memory. A reconsideration of storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(4), 87–186. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>.

Cowan, N., Chen, Z., & Rouders, J.N. (2004). Constant capacity in an immediate serial-recall task: A logical sequel to Miller (1956). *Psychological Science*, 15(9), 634–640. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00732.x>.

Darling, S., Della Sala, S., Logie, R.H., & Cantagallo, A. (2006). Neuropsychological evidence for separating components of visuo–spatial working memory. *Journal of Neurology*, 253(2), 176–180. <https://doi.org/10.1007/s00415-005-0944-3>.

Draschkow, D., Kallmayer, M., & Nobre, A.C. (2021). When Natural Behavior Engages Working Memory. *Current Biology*, 31(4), 869-874.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.11.013>.

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...

Draschkow, D., & Vö, M.L.H. (2017). Scene grammar shapes the way we interact with objects, strengthens memories, and speeds search. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16739-x>.

Fougnie, D., & Alvarez, G.A. (2011). Object features fail independently in visual working memory: evidence for a probabilistic feature-store model. *Journal of Vision*, 11(12), 3. <https://doi.org/10.1167/11.12.3>.

Fougnie, D., Cormiea, S.M., & Alvarez, G.A. (2013). Object-based benefits without object-based representations. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(3), 621–626. <https://doi.org/10.1037/a0030300>.

Glikmann-Johnston, Y., Saling, M.M., Chen, J., O’Keefe, G., Gong, S., Tochon-Danguy, H., Mulligan, R., Reutens, D.C. (2015). Hippocampal 5-HT1A receptor binding is related to object–location memory in humans. *Brain Structure and Function*, 220(1), 559–570. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0675-7>.

Haxby, J.V., Grady, C L., Horwitz, B., Ungerleider, L.G., Mishkin, M., Carson, R.E., Harscovitch, P., Schapiro, M. B., Rapoport, S. I. (1991). Dissociation of object and spatial visual processing pathways in human extrastriate cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 88(5), 1621–1625. <https://doi.org/10.1073/pnas.88.5.1621>.

Hollingworth, A. (2007). Object-position binding in visual memory for natural scenes and object arrays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(1), 31–47. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.1.31>.

Hollingworth, A., & Rasmussen, I.P. (2010). Binding objects to locations: The relationship between object files and visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(3), 543–564. <https://doi.org/10.1037/a0017836>.

JASP Team (2020). JASP (Version 0.13.1) [Computer software].

Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175–219. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90007-O](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90007-O).

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...

Kaiser, D., Häberle, G., & Cichy, R.M. (2020). Cortical sensitivity to natural scene structure. *Human Brain Mapping*, 41(5), 1286–1295. <https://doi.org/10.1002/hbm.24875>.

Kovacs, O., & Harris, I.M. (2019). The role of location in visual feature binding. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 81(5), 1551–1563. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-01638-8>.

Le-Hoa Võ, M., & Wolfe, J.M. (2015). The role of memory for visual search in scenes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1339(1), 72–81. <https://doi.org/10.1111/nyas.12667>.

Lee, D., & Chun, M.M. (2001). What are the units of visual short-term memory, objects or spatial locations? *Perception & Psychophysics*, 63(2), 253–257. <https://doi.org/10.3758/BF03194466>.

Luck, S.J., & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390(6657), 279–281. <https://doi.org/10.1038/36846>.

Luck, S.J., & Vogel, E.K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006>.

Luria, R., & Vogel, E.K. (2011). Shape and color conjunction stimuli are represented as bound objects in visual working memory. *Neuropsychologia*, 49(6), 1632–1639. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.11.031>.

Markov, Y.A., Tiurina, N.A., Mikhalev N., & Utochkin I.S. (2021) JURICS Base: Joint Universal Real-world Images with the Continuous States. *Perception*, 50, Issue1_SUPPL, P.140-140.

Markov, Y.A., Tiurina, N.A., & Utochkin, I.S. (2019). Different features are stored independently in visual working memory but mediated by object-based representations. *Acta Psychologica*, 197, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.05.003>.

Markov, Y.A., & Utochkin, I.S. (2022). Effects of item distinctiveness on the retrieval of objects and object-location bindings from visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*. <https://doi.org/10.3758/s13414-022-02451-0>.

Markov, Y.A., Utochkin, I.S., & Brady, T.F. (2021). Real-world objects are not stored in holistic

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание... representations in visual working memory. *Journal of Vision*, 21(3), 18. <https://doi.org/10.1167/jov.21.3.18>.

Mishkin, M., & Ungerleider, L.G. (1982). Two cortical visual systems. *Analysis of Visual Behavior*, 549–586.

O'Donnell, R.E., Clement, A., & Brockmole, J.R. (2018). Semantic and functional relationships among objects increase the capacity of visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 44(7), 1151–1158. <https://doi.org/10.1037/xlm0000508>.

Öhlschläger, S., & Võ, M.L.-H. (2017). SCEGRAM: An image database for semantic and syntactic inconsistencies in scenes. *Behavior Research Methods*, 49(5), 1780–1791. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0820-3>.

Peirce, J., Gray, J.R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., ... Lindeløv, J.K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>.

Pertsov, Y., Dong, M.Y., Peich, M.C., & Husain, M. (2012). Forgetting What Was Where: The Fragility of Object-Location Binding. *PLoS ONE*, 7(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048214>.

Postma, A., Kessels, R.P.C., & van Asselen, M. (2008). How the brain remembers and forgets where things are: The neurocognition of object-location memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32(8), 1339–1345. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.001>.

Shin, H., & Ji Ma, W. (2017). Visual short-term memory for oriented, colored objects. *Journal of Vision*, 17(9), 1–19. <https://doi.org/10.1167/17.9.12>.

Treisman, A. (1999). Solutions to the binding problem: Progress through controversy and convergence. *Neuron*, 24(1), 105–110. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80826-0](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80826-0).

Treisman, A. (1996). The binding problem. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 171–178. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(96\)80070-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80070-5).

Treisman, A. (2006). *How the deployment of attention determines what we see. Visual Cognition* (Vol. 14). <https://doi.org/10.1080/13506280500195250>.

Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A Feature-Integration of Attention. *Cognitive Psychology*, 136, 97–136.

Treisman, A., & Zhang, W. (2006). Location and binding in visual working memory. *Memory and Cognition*, 34(8), 1704–1719. <https://doi.org/10.3758/BF03195932>.

Võ, M.L.H., Boettcher, S.E., & Draschkow, D. (2019). Reading scenes: how scene grammar guides attention and aids perception in real-world environments. *Current Opinion in Psychology*, 29, 205–210. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.03.009>.

Vogel, E.K., Woodman, G.F., & Luck, S.J. (2001). Storage of features, conjunctions and objects in visual working memory. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 27(1), 92–114. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.27.1.92>.

Wang, B., Cao, X., Theeuwes, J., Olivers, C.N.L., & Wang, Z. (2017). Separate capacities for storing different features in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(2), 226–236. <https://doi.org/10.1037/xlm0000295>.

Wheeler, M.E., & Treisman, A.M. (2002). Binding in short-term visual memory. *Journal of Experimental Psychology. General*, 131(1), 48–64. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.131.1.48>.

Wolfe, J.M., & Horowitz, T.S. (2017). Five factors that guide attention in visual search. *Nature Human Behaviour*, 1(3), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41562-017-0058>.

Wood, J.N. (2011). When do spatial and visual working memory interact? *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(2), 420–439. <https://doi.org/10.3758/s13414-010-0048-8>.

Wyble, B., Swan, G., & Callahan-Flintoft, C. (2016). Measuring Visual Memory in Its Native Format. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(11), 790–791. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.08.012>.

Xie, W., & Zhang, W. (2017a). Familiarity increases the number of remembered Pokémon in visual short-term memory. *Memory and Cognition*, 45(4), 677–689. <https://doi.org/10.3758/s13421-016>

Михалев Н.А., Тюрина Н.А., Марков Ю.А. Объектно-пространственное связывание...
0679-7.

Xie, W., & Zhang, W. (2017b). Familiarity speeds up visual short-term memory consolidation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(6), 1207–1221. <https://doi.org/10.1037/xhp0000355>.

Xu, Y. (2002). Encoding color and shape from different parts of an object in visual short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 64(8), 1260–1280. <https://doi.org/10.3758/BF03194770>.

Xu, Y., & Chun, M.M. (2006). Dissociable neural mechanisms supporting visual short-term memory for objects. *Nature*, 440(7080), 91–95. <https://doi.org/10.1038/nature04262>.

Zhang, W., & Luck, S.J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 453(7192), 233-U13. <https://doi.org/10.1038/Nature06860>.

Information about the authors

Mikhalev N.A. Researcher of the Laboratory for Cognitive Research National Research University "Higher School of Economics", ul. Myasnitskaya, 20, 101000 Moscow, Russia.

Email: namikhalev@edu.hse.ru

Tiurina N.A. Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Department of Psychology, Faculty of Social Sciences, National Research University "Higher School of Economics", ul. Myasnitskaya, 20, 101000 Moscow, Russia.

Email: natalyatyurina@gmail.com

Markov Yu.A. Junior Researcher at the Cognitive Research Laboratory of the National Research University Higher School of Economics, postgraduate student at the National Research University Higher School of Economics, ul. Myasnitskaya, 20, 101000 Moscow, Russia.

Email: yuamarkov@gmail.com

To cite this article

Mikhalev N.A., Tiurina N.A., Markov Yu.A. Object-location binding in realistic scenes in visual working memory. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2022, Vol. 15, No. 83, p. 5. <https://psystudy.ru>