

# Деева Т.М.<sup>1</sup> О режимах распределения внимания при усвоении визуальных пространственных закономерностей

## *Deeva T.M.<sup>1</sup> On different attentional modes in the visual spatial regularities learning*

<sup>1</sup> ФГБУН Институт психологии РАН, Москва, Россия

Мы обладаем способностью неосознанно выделять и выучивать закономерности расположения отдельных предметов в окружающей среде. Но какие именно когнитивные механизмы обеспечивают такую возможность? Усвоение пространственных закономерностей относится к области визуального статистического научения и обеспечивается сложным взаимодействием различных когнитивных структур. Научение пространственным паттернам происходит непреднамеренно в процессе решения различных задач, подразумевающих обработку информации о множестве объектов. Таким образом, визуальное пространственное статистическое научение представляется тесно связанным с особенностями распределения внимания. Целью предлагаемой работы является рассмотрение существующих эмпирических результатов, касающихся зависимости научения от распределения внимания при решении той или иной задачи. В статье описаны основные экспериментальные схемы, применяемые в исследованиях статистического пространственного научения. Проанализированы данные о роли фокусированного и распределенного, глобального и локального режимов внимания в визуальном статистическом научении. Рассматривается связь статистического научения и восприятия зрительных ансамблей, а также статистического научения и глобального восприятия множества. В качестве одной из типичных для пространственного статистического научения ситуаций рассматривается феномен усвоения контекстной подсказки в задаче зрительного поиска. Сопоставляются эмпирические данные о роли режимов внимания в парадигме контекстной подсказки и исходном экспериментальном подходе в области пространственного статистического научения. В заключение обсуждаются основные проблемы статистического пространственного научения и возможные направления дальнейших исследований в этой области.

**Ключевые слова:** статистическое научение, зрительное внимание, усвоение пространственных закономерностей, восприятие зрительных ансамблей, контекстная подсказка

## Введение

В повседневной жизни нам постоянно приходится сталкиваться с большим объемом визуальной информации. Мы видим множество предметов, расположение которых относительно друг друга может быть привычным или неожиданным. Повторяющиеся закономерности в расположении предметов помогают нам быстрее ориентироваться и решать текущие задачи. Например, в лифте мы быстрее найдем кнопку нужного этажа, если кнопки расположены на панели так же, как у нас дома. Кроме того, если какие-то предметы сохраняют расположение относительно друг друга, мы можем начать воспринимать их как единое целое [Cohen et al., 2016], что может повлиять на обработку информации о других предметах, находящихся в поле зрения. Усвоение пространственных паттернов, как правило, происходит непреднамеренно: вряд ли кто-то специально запоминает, как расположены кнопки в лифте или, например, как расставлена мебель в комнате. Мы получаем знание о пространственных закономерностях в процессе решения других задач и не замечаем, что выучили что-то еще. Зависит ли то, что мы неосознанно выучиваем, от того, что мы делаем во время обучения? Существуют ли условия, при которых информация о пространственной связи между отдельными предметами не сохраняется в памяти или, наоборот, выучивается быстро и качественно? Положительный ответ на первый вопрос подкрепляется не только жизненным опытом, но и результатами исследований [Jiang, Song, 2005; Zhao et al., 2011; Vickery et al., 2018; Himberger et al., 2022]. Ответ на второй вопрос позволил бы получить косвенный контроль над неосознанным научением: мы смогли бы по желанию создавать ситуации, в которых пространственный паттерн будет усвоен и повысит эффективность действий или, наоборот, не выучится и не повлияет на дальнейшее поведение. Однако пока полного ответа на вопрос о влиянии характеристик задачи на эффективность усвоения пространственных закономерностей нет.

В когнитивной психологии исследование механизмов непреднамеренного выучивания закономерностей в окружающей среде относится к области статистического научения. Далее в статье мы кратко обсудим эту исследовательскую область в целом, а затем сосредоточимся на более узком направлении – визуальном пространственном статистическом научении, где и изучается усвоение пространственных связей между объектами.

## Статистическое научение

Статистическим научением называют непреднамеренное выделение закономерностей и паттернов в окружающей среде [обзоры: Turk-Browne, 2012; Conway, 2020]. Впервые этот термин был введен Дж. Сафран при исследовании чувствительности 8-месячных младенцев к

статистическим закономерностям в псевдоречи [Saffran et al., 1996]. Аналогичный эффект был обнаружен и для взрослых испытуемых, и для случая лингвистической звуковой последовательности [Saffran et al., 1999]. По предположению авторов, научение происходило за счет вычисления условных вероятностей для связи текущего и последующего звуков или слогов. Позднее эффект статистического научения удалось продемонстрировать и в других модальностях [Fiser, Aslin, 2001, 2002; Conway, Christiansen, 2005]. Согласно современным исследованиям, способность к статистическому научению наблюдается как у человека, так и у животных [Santolin, Saffran, 2017], и проявляется в любом возрасте [Palmer et al., 2018; Herff et al., 2020]. Научение происходит в значительной мере неосознанно, а полученное знание применяется автоматически [Turk-Browne et al., 2005; Batterink et al., 2015].

Главная цель исследований статистического научения – как можно более подробное описание его механизмов. В качестве альтернативных базовых механизмов долгое время рассматривались усвоение условных вероятностей [Saffran et al., 1996; Endress, Mehler, 2009] и чанкинг – концептуально отличный механизм научения, который предполагает извлечение статистически связанных единиц информации без вычисления условных вероятностей для элементов [Perruchet, Pacton, 2006; Orbán et al., 2008; Lengyel et al., 2021]. Однако появляется все больше исследований, говорящих о возможности взаимодействия этих механизмов, их смешанного использования или выбора [Franco, Destrebecqz, 2012; Tummeltshammer et al., 2017; Rutar et al., 2022]. Таким образом, термин «статистическое научение» является исторически устоявшимся, но несколько ограниченным, и на данный момент недостаточно полно описывает исследовательскую область, т.к. подразумевает именно вычисление статистических закономерностей при обработке входящей информации. Вопрос о том, как на самом деле усваиваются закономерности – за счет вычисления условных вероятностей или через запоминание чанков – пока остается открытым [Conway, 2020]. Отметим, что статистическое научение в любом случае подразумевает получение знания за счет накопления и обработки информации о закономерности при повторных столкновениях с ней, что отличает его от таких способов получения знания, как, например, вычисление сводных статистик ансамбля [Ariely, 2001; Alvarez, 2011] или одномоментное научение (one-shot learning) [Lee et al., 2015].

Считается, что статистическое научение обеспечивается работой двух систем обработки информации – имплицитной и эксплицитной<sup>1</sup>. Имплицитная система позволяет выделять и

---

<sup>1</sup> В контексте статистического научения термины «имплицитный» и «эксплицитный» часто связаны не с осознаваемостью, а с задействованием произвольного внимания при научении. В данной статье мы будем использовать их именно в этом значении.

усваивать простые закономерности автоматически, без участия внимания. Эксплицитная система, предположительно, подключается опционально и обеспечивает усвоение сложных паттернов при направлении внимания на их элементы [Batterink et al., 2015; Conway, 2020]. В обоих случаях научение происходит непреднамеренно, а его результат, как правило, не осознается. Модулирующая роль селективного внимания в статистическом научении не подвергается сомнению. Тем не менее, необходимые и достаточные для научения условия распределения внимания остаются невыясненными даже для отдельных типов задач [Turk-Browne, 2012; Conway, 2020].

Несмотря на то, что статистическое научение было продемонстрировано в различных модальностях, остается неясным, возможен ли перенос полученного знания из одной модальности в другую или же научение в каждом случае не выходит за пределы одной модальности [Frost et al., 2015; Durrant et al., 2016; Li et al., 2018]. Даже в рамках одной модальности научение, скорее всего, обуславливается сложным взаимодействием различных когнитивных процессов, что может приводить к разнообразным поведенческим изменениям, связанным, прежде всего, со скоростью и правильностью выполнения задач [Bays et al., 2015]. Учитывая многочисленные эмпирические подтверждения специфичности механизмов научения для отдельных модальностей [Conway, Christiansen, 2005, 2009; Emberson et al., 2011], далее мы, в соответствии целью работы, ограничимся обсуждением визуального статистического научения.

## Визуальное пространственное статистическое научение

В визуальной модальности можно выделить два основных типа закономерностей – темпоральные и пространственные. Темпоральные закономерности основаны на последовательном предъявлении элементов паттерна. Этот тип закономерностей изучается как в рамках парадигмы выучивания последовательностей (sequence learning) [Schwarb, Schumacher, 2012; Cock, Meier, 2013], так и в классических экспериментах по статистическому научению [Fiser, Aslin, 2002]. Упорядоченность, естественным образом возникающая при последовательном предъявлении стимулов, позволяет легко варьировать структуру паттерна и исследовать содержание знания.

Под пространственными визуальными закономерностями в статистическом научении могут подразумеваться закономерности двух разных типов, основанные на ассоциациях разного рода и усваиваемые с помощью различающихся механизмов научения. Один тип закономерностей связан с повышенной вероятностью появления определенного стимула в какой-либо зоне пространства. В этом случае говорят об усвоении вероятности локации (location

probability learning) [Jiang, Swallow, 2013; Theeuwes et al., 2022]. Другой тип пространственных визуальных закономерностей определяется постоянством расположения объектов относительно друг друга, и именно этот тип закономерностей будет рассмотрен далее в нашей статье.

Пространственные визуальные закономерности подразумевают simultанное предъявление нескольких объектов, при котором паттерн определяется постоянством их расположения относительно друг друга и/или относительно наблюдателя. Элементы большинства пространственных паттернов не упорядочены относительно друг друга, что существенно затрудняет оценку сложности пространственных закономерностей по сравнению с темпоральными. Кроме того, при планировании и анализе экспериментов по пространственному статистическому научению необходимо учитывать особенности обработки информации о визуальных стимулах, состоящих из множества отдельных элементов. С целью ограничения влияния побочных переменных в экспериментах стараются использовать абстрактный стимульный материал, лишенный семантической нагрузки.

Сталкиваясь с любым множеством объектов, мы можем воспринимать его различными способами: как единое целое, как набор элементов или последовательно рассматривать каждый отдельный элемент. Согласно С. Чонгу и А. Трэйсман, каждому способу восприятия множества объектов соответствует свой режим развертывания внимания: авторы различают глобальное, распределенное и фокусированное внимание [Chong, Treisman, 2005]. О глобальном внимании говорят, противопоставляя глобальное восприятие локальному [Navon, 1977]. При глобальном способе восприятия множество объектов воспринимается как единое целое, а локальное восприятие основано на обработке информации об отдельных элементах множества. Распределенное внимание предполагает возможность параллельной обработки информации об объектах, что, в частности, позволяет соотносить между собой характеристики отдельных элементов множества и выделять существующие статистические закономерности [Chong, Treisman, 2005]. Фокусированное внимание соответствует стандартному определению и описывает ситуацию направления внимания на отдельный элемент множества. Представляется очевидным, что режим внимания во многом определяется решаемой в данный момент задачей. Например, задачи зрительного поиска могут требовать фокуса на отдельных элементах множества, задачи определения средних величин подразумевают распределенный режим внимания, а определение границ множества требует глобального внимания.

Преобладание локального или глобального способа восприятия само по себе зависит от возраста, расовой и культурной принадлежности, индивидуальных различий [McKone et al., 2010;

Chee et al., 2011]. Однако наличие соответствующей инструкции позволяет довольно легко переключить способ восприятия, и, следовательно, внимание, в нужный режим [Baker, Kellman, 2023]. С распределенным и фокусированным вниманием ситуация несколько иная. Распределенное внимание требуется, в частности, для репрезентации множества в виде сводных статистик [Ariely, 2001; Alvarez, 2011]. При восприятии зрительных ансамблей быстро и с высокой степенью точности вычисляются средние значения отдельных признаков, дисперсия, примерное количество элементов [см. обзоры Яковлев и др. 2020; Whitney, Yamanashi Leib, 2018]. Имеются эмпирические данные в пользу того, что вычисление сводных статистик ансамбля может происходить без участия внимания [Alvarez, Oliva, 2008] и неосознанно [Sekimoto, Motoyoshi, 2022]. Таким образом, полностью «отключить» распределенный режим внимания при обработке информации о множестве объектов оказывается практически невозможно, хотя с помощью инструкции и/или особенностей стимульного материала несложно добиться быстрого последующего перехода к фокусированному режиму.

При условии однородности и абстрактности стимульного материала активный режим внимания определяется, главным образом, инструкцией, т.е. выполняемой в процессе научения задачей [Himberger et al., 2022]. Ниже мы рассмотрим основные эмпирические результаты из области пространственного статистического научения и постараемся в каждом случае соотнести наличие/отсутствие научения и предполагаемый режим распределения внимания.

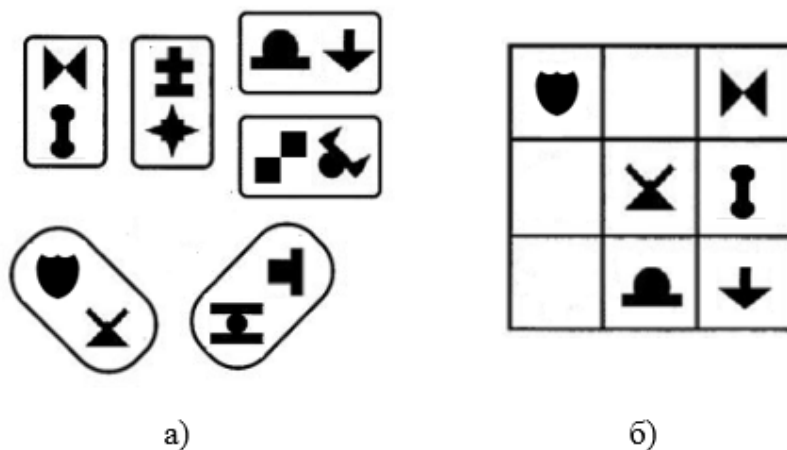
## Эмпирические исследования пространственного статистического научения

Чаще всего эксперименты по статистическому научению состоят из двух частей – обучающей и тестовой. В обучающей части эксперимента испытуемые могут воспринимать предъявляемые стимулы без какой-либо инструкции (в этом случае обучающую часть иногда называют ознакомительной) или выполнять задачи, не связанные напрямую с заложенной в стимульном материале закономерностью. При этом выбор подходящей задачи всегда представляет существенную методическую проблему. Согласно формулировке Н. Терк-Брауна, наиболее благоприятная для исследований статистического научения задача должна выполнять функции «прикрытия»: препятствовать осознанному поиску закономерностей и в то же время способствовать непреднамеренному получению знания о них [Turk-Browne, 2012]. Кроме того, изменение времени решения такой задачи часто используется в качестве основной или дополнительной меры научения, как происходит, например, в экспериментальных парадигмах выучивания последовательностей [Nissen, Bullemer, 1987] и контекстной подсказки [Chun,

Jiang, 1998]. Отсутствие инструкции и пассивность испытуемых во время обучающей части представляется весьма спорной практикой. Как показывают фМРТ-исследования, активность мозга в состоянии покоя может определяться репрезентацией каких-либо не известных экспериментатору задач [Stevens et al., 2010]. Кроме того, на индивидуальном уровне выявлена корреляция такой мозговой активности с успешностью последующего решения некоторых визуально-пространственных задач [Machner et al., 2022], что может снижать внутреннюю валидность эксперимента.

В тестовой части, как правило, измеряются метакогнитивные переживания, традиционно считающиеся маркерами неосознаваемых процессов обработки информации: чувство знакомости, чувство приятности, ощущение правильности и т.д. Дополнительно может измеряться уверенность в ответе. На сегодняшний день неизвестно, связаны ли эти метакогнитивные переживания с различными психическими процессами или же сигнализируют о наличии одного и того же неосознаваемого знания [Тихонов и др., 2018]. В большинстве экспериментов по статистическому научению в качестве метрики для метакогнитивных переживаний используется принудительный выбор из двух стимулов того, который кажется более знакомым. Однако такой подход объясняется, скорее, дизайном первых экспериментов по статистическому научению, а не особенностями конкретного метакогнитивного переживания. Предположительно, тест на знакомость, используемый во многих экспериментах, измеряет эксплицитное (в терминологии статистического научения) знание, а вклад имплицитной системы может быть измерен непрямым мерой, такой как время реакции [Batterink et al., 2015].

В исходном варианте экспериментальной парадигмы [Fiser, Aslin, 2001] использовались наборы абстрактных фигур разной формы. Фигуры разбивались на базовые пары и внутри каждой пары связывались определенными пространственными отношениями: располагались горизонтально, вертикально или по диагонали относительно друг друга. Каждые три пары фигур располагались в ячейках матрицы размером 3x3, таким образом получались множества из шести фигур (вариант подобного стимульного материала представлен на рис. 1).



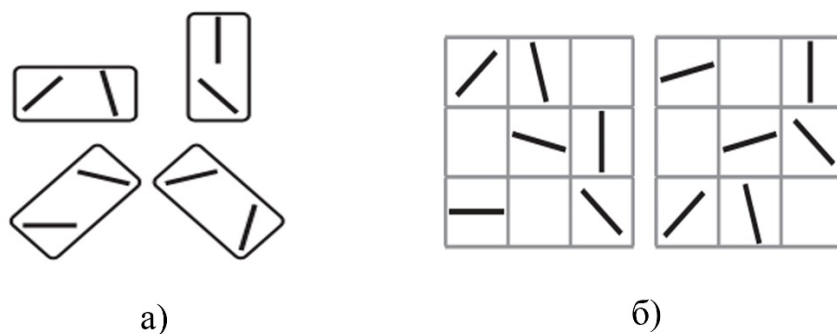
**Рис.1.** Образец стимульного материала на основе применяемого в экспериментах по статистическому пространственному научению [Fiser, Aslin, 2001]: а) базовые пары фигур; б) пример возможного стимула.

В ознакомительной части эксперимента испытуемым предъявлялись поочередно на 2 секунды наборы фигур, составленные описанным способом, и предлагалось просто смотреть на них. В инструкции содержалось предупреждение, что далее могут быть заданы вопросы относительно увиденного. Затем следовала тестовая часть: в каждой пробе испытуемые выбирали из двух пар фигур ту, которая кажется более знакомой. Одна пара при этом всегда была базовой и сохраняла взаимное расположение входящих в нее фигур, а другая состояла из фигур, используемых в эксперименте, но не образующих базовую пару. Выбор испытуемыми базовых пар составил в среднем 60-70%, в зависимости от способа составления «неправильной» пары. В дополнительном эксперименте было продемонстрировано, что эффект научения обусловлен не только усвоением ассоциаций между фигурами, составляющими базовую пару, но и усвоением их пространственной взаимосвязи. В последующих работах эффект удалось реплицировать. Кроме того, был обнаружен так называемый «феномен ограничения встраиваемости»: если базовый паттерн содержал не два, а три или четыре элемента, то чувство знакомости возникало только по отношению к целому паттерну, но не к его подмножествам [Fiser, Aslin, 2005]. Как показали первые эксперименты, пространственное статистическое научение может возникать при пассивном просмотре на стимулы, без выполнения какой-либо определенной задачи. Нельзя с уверенностью сказать, как именно распределяется внимание в таких условиях, но, предположительно, наблюдается свободное сочетание распределенного и фокусированного внимания [Stevens et al., 2010].

Для более подробных исследований была предложена модификация исходной экспериментальной схемы: вместо наборов абстрактных фигур предъявлялись наборы линий разного



наклона (см. рис. 2), что позволило использовать один и тот же стимульный материал для решения задач разных типов [Zhao et al., 2011]. В одной экспериментальной группе испытуемые, как и в исходных экспериментах, пассивно смотрели на предъявляемые стимулы, в другой группе предлагалось определять направление среднего наклона линий (вправо или влево), а испытуемые третьей группы отвечали на вопрос о наличии в предъявленном наборе двух параллельных линий.



**Рис.2.** Образец стимульного материала для задач пассивного смотрения, определения наклона и поиска параллельных линий [Zhao et al., 2011]: а) базовые пары; б) примеры стимулов.

Для измерения научения использовался стандартный тест на знакомость с принудительным бинарным выбором. При пассивном смотрении уровень научения примерно соответствовал предыдущим экспериментам [Fiser, Aslin, 2001; 2005], при поиске параллельных линий результаты были несколько выше, а испытуемые, определявшие средний наклон, продемонстрировали результаты на уровне угадывания, что позволяет говорить об отсутствии научения. Авторы сделали вывод о возможной блокировке механизмов пространственного статистического научения при вычислении сводных статистик ансамбля. Рассматривая итоги эксперимента с точки зрения роли внимания, можно заметить, что научение не было обнаружено при отсутствии фокусированного внимания, которое не требуется для вычисления сводных статистик ансамбля, в частности, среднего наклона. С другой стороны, увеличение доли фокусированного внимания, необходимого для поиска параллельных отрезков, улучшило научение по сравнению с ситуацией пассивного смотрения. Позднее М. Холлу с коллегами удалось продемонстрировать на аналогичном стимульном материале, что если к задаче определения среднего наклона добавить задачу обнаружения изменений, то научение снова фиксируется, т.е. само по себе вычисление сводных статистик ансамбля вряд ли оказывается критическим препятствием для статистического научения [Hall et al., 2015].

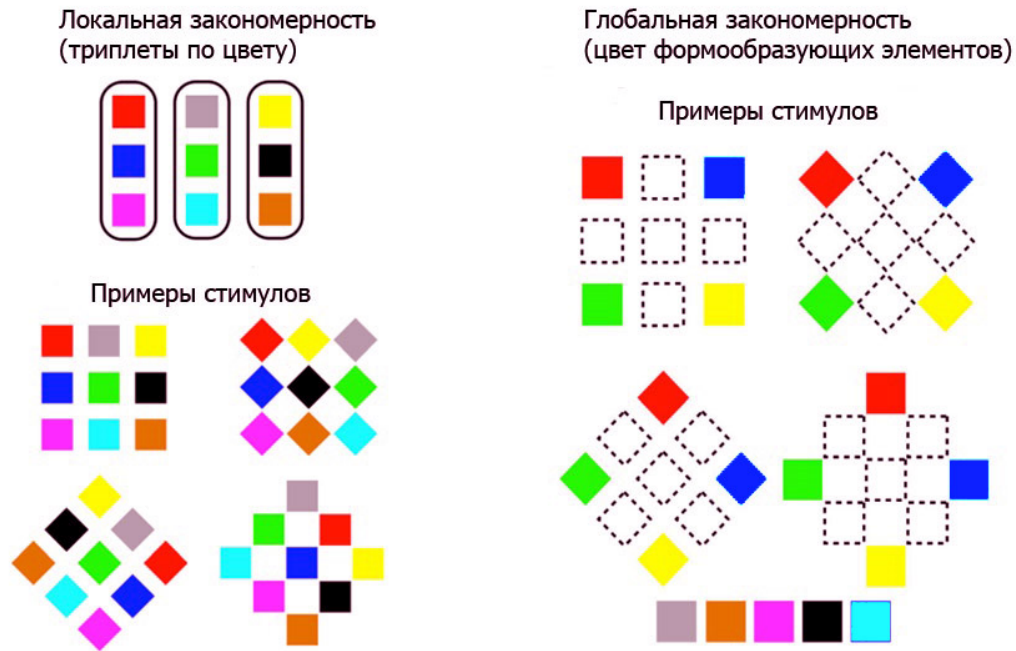
Пространственное статистическое научение изучалось также в рамках парадигмы контекстной подсказки (contextual cueing) в зрительном поиске [Chun, Jiang, 1998; Goujon et al., 2015]. В задачах зрительного поиска начальные этапы обработки информации характеризуются распределенным или глобальным режимами внимания [Treisman, 2006; Zang et al., 2021]. Если параллельная обработка информации не приводит к быстрому обнаружению цели за счет эффекта выскакивания, то далее поиск происходит при последовательном фокусировании внимания на отдельных элементах множества [Chong, Treisman, 2005]. Суть феномена контекстной подсказки состоит в том, что в повторяющихся массивах зрительный поиск происходит быстрее, чем в новых, даже если повторение сцен не осознается. В исходном варианте эксперимента [Chun, Jiang, 1998] испытуемые решали задачу зрительного поиска цели Т-формы среди дистракторов L-формы. Цель могла быть повернута на 90° вправо или влево, на что и требовалось реагировать. В ходе эксперимента половина поисковых массивов оставалась неизменной, а другие предъявлялись только по одному разу. К концу эксперимента поиск в «старых» стимульных массивах осуществлялся быстрее, чем в «новых». Испытуемые при этом сообщали, что не заметили каких-либо повторений, а в задаче опознания, при предъявлении виденных ранее и новых сцен, показывали результаты на уровне случайного угадывания. В этой же работе было продемонстрировано сохранение эффекта подсказки при изменении внешнего вида и размера дистракторов. Данное наблюдение позволило сделать вывод об усвоении закономерностей, связанных непосредственно со взаимным пространственным расположением элементов, без опоры на их собственные характеристики, что отличает усвоение контекстной подсказки от классической парадигмы визуального пространственного научения. Общее объяснение эффекта контекстной подсказки связано с выучиванием ассоциаций между расположением дистракторов и цели. Эффект подсказки резко уменьшается при изменении позиции цели даже внутри знакомых конфигураций [Conci et al., 2011]. Перемещение цели в этом случае затрудняет поиск примерно так же, как и предъявление нового поискового массива [Yang et al., 2021].

Соотношение режимов внимания при усвоении контекстной подсказки также оказывается важным. Например, стратегии с акцентами на использовании фокусированного или распределенного внимания могут приводить к разным результатам. Так, «активная» стратегия поиска, подразумевающая сосредоточенность и направление внимания на отдельные стимулы поочередно, приводит к исчезновению эффекта подсказки. При использовании «пассивной» стратегии, когда предлагается «использовать интуицию» и надеяться на «выскакивание» цели, эффект сохраняется [Lleras, von Mühlelen, 2004]. Если же целевой стимул находится почти сразу за счет эффекта выскакивания, а поиска путем последовательного фокуса не происходит, то

эффект подсказки сильно уменьшается, хотя и не исчезает окончательно [Geyer et al., 2010]. Таким образом, попытки минимизировать один из режимов внимания могут приводить к критическому уменьшению эффекта контекстной подсказки, аналогично тому, как это происходит в стандартной парадигме пространственного статистического научения. Благоприятным для научения соотношением режимов внимания может быть объяснен и факт выучивания контекста, нерелевантного для поиска цели [Jiang, Leung, 2005].

Сопоставляя классическую экспериментальную парадигму статистического пространственного научения и парадигму контекстной подсказки, отметим, что в финальной части экспериментов использовались похожие задачи: тестирование на знакомость с использованием двухальтернативного вынужденного выбора для статистического научения и задача опознания в случае контекстной подсказки. При этом ощущение знакомости являлось основной мерой статистического научения [Fiser, Aslin, 2001], а задача опознания применялась с целью дополнительной проверки возможной экспликации знания [Chun, Jiang, 1998]. Несмотря на разные заявленные цели, задача опознания, скорее всего, может считаться некоторым аналогом тестирования на знакомость, т.к. в случае неосознаваемого знания опознание осуществляется на основе знакомости [Wang, Yonelinas, 2012]. Если принять знакомость в качестве меры эксплицитного (т.е. полученного при участии внимания) знания, то результаты экспериментов по усвоению контекстной подсказки представляются несколько противоречивыми. С одной стороны, не вызывает сомнения важность внимания для научения [Jiang, Chun, 2001; Rausey et al., 2007], с другой стороны, эффект проявляется в изменении времени реакции, но не проявляется в способности опознавать предъявленные ранее стимулы, что соответствует наличию только имплицитного знания, т.е. знания, приобретенного за счет работы имплицитной системы, не требующей участия внимания [Conway, 2020].

Особняком в исследованиях пространственного статистического научения стоит работа Дж. Жао и Ю. Луо по исследованию глобального и локального внимания [Zhao, Luo, 2017]. Стимульный материал содержал цветовые закономерности глобального или локального типов (см. рис. 3), а в задачах требовалось как можно быстрее определять глобальную форму множества (глобальная задача) или форму составляющих элементов (локальная задача). Под формой в каждом случае понималась ориентация в виде квадрата или ромба.



**Рис.3.** Организация стимульного материала для эксперимента по усвоению глобальных и локальных пространственных закономерностей [Zhao, Luo, 2017].

Исследователи продемонстрировали, что наличие глобальной закономерности способствует более быстрому определению глобальной формы, а локальная закономерность ускоряет решение аналогичной локальной задачи. Ощущение знакомости по отношению к использованным в эксперименте стимулам возникло только у тех испытуемых, кто решал локальную задачу в условиях локальной закономерности. Таким образом, при глобальном режиме внимания статистическое пространственное научение удалось зафиксировать только с помощью измерения времени реакции, но не в последующем тесте на знакомость. С точки зрения двусистемного подхода [Batterink et al., 2015; Conway, 2020], такие результаты могут свидетельствовать о возможности усвоения глобальной закономерности без подключения эксплицитной системы и о задействовании обеих систем при усвоении локальной закономерности. Единственный эксперимент, однако, не дает возможности делать какие-либо более конкретные выводы.

### Выводы и возможные направления дальнейших исследований

Сфера исследований усвоения пространственных закономерностей лежит на стыке нескольких исследовательских областей когнитивной психологии: имплицитного статистического научения, восприятия иерархических визуальных структур, восприятия зрительных ансамблей и зрительного поиска. Такая ситуация естественным образом затрудняет как разработку экспериментальных методов, так и теоретическое обоснование гипотез и результатов.

Остается невыясненным, обеспечивается ли выучивание визуальных пространственных закономерностей некими универсальными механизмами или же такие механизмы определяются спецификой каждой отдельной задачи. Для ответа на этот вопрос необходимы данные о возможности переноса знания между задачами разных типов. Однако пока эта тема почти не затрагивалась в исследованиях.

Отсутствие универсальных способов измерения знания крайне затрудняет трактовку и сопоставление результатов экспериментов. Так, в экспериментах по усвоению искусственной грамматики продемонстрирована эффективность использования чувства знакомости как меры неосознанного знания [Scott, Dienes, 2008; Wierzchoń et al., 2012], в исследованиях статистического научения знакомость часто является показателем научения при усвоении закономерностей любого типа [Turk-Browne, 2012]. Но измеряется ли при этом неосознанное знание вообще или только та его часть, которая получена с использованием произвольного внимания? Вопрос пока открыт и требует дополнительных исследований [Conway, 2020]. К тому же, оценка знакомости, как и тест на опознание, проводится не в процессе, а после окончания обучающей части, что может существенно снижать чувствительность теста [Newell, Shanks, 2014]. Кроме того, ощущение знакомости само по себе может зависеть от распределения визуально-пространственного внимания [Ramey et al., 2020], что подчеркивает необходимость крайне аккуратного использования этой меры в исследованиях пространственного статистического научения. Вопрос о том, почему в некоторых экспериментах научение приводит к изменению времени реакции, но не проявляется через ощущение знакомости, также может стать темой дальнейших исследований.

Наконец, более тщательной проработки требует вопрос о соотношении режимов внимания в процессе научения. В подавляющем большинстве работ по усвоению пространственных закономерностей продемонстрирована важная роль режимов внимания: попытки исключить или минимизировать распределенное или последовательно фокусируемое на отдельных элементах внимание практически полностью блокируют научение. Можно предположить, что переключение распределенного и фокусированного режимов внимания является необходимым условием пространственного статистического научения. Выполняет ли аналогичную роль переключение между глобальным и локальным вниманием в соответствующих задачах? Можно ли определить оптимальное для научения соотношение режимов внимания? Обилие нерешенных вопросов подтверждает, что усвоение пространственных закономерностей остается мало изученной областью, несмотря на очевидную актуальность исследований в этом направлении.

## Финансирование

Статья подготовлена в соответствии с госзаданием Министерства науки и высшего образования РФ № 0138-2023-0009.

## Литература

Тихонов Р.В., Аммалайнен А.В., Морошкина Н.В. Многообразие метакогнитивных чувств: разные феномены или разные термины? Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология и педагогика, 2018, 8(3), 214–242. DOI: 10.21638/11701/spbu16.2018.302.

Яковлев А.Ю., Тюрина Н.А., Уточкин И.С. Зрительное восприятие ансамблей: обзор исследований. Российский журнал когнитивной науки, 2020, 7(3), 4–24. DOI: 10.47010/20.3.1.

Alvarez G.A. Representing multiple objects as an ensemble enhances visual cognition. Trends in Cognitive Sciences, 2011, 15(3), 122–131. DOI: 10.1016/j.tics.2011.01.003.

Alvarez G.A., Oliva A. The representation of simple ensemble visual features outside the focus of attention. Psychological science, 2008, 19(4), 392–398. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2008.02098.x.

Ariely D. Seeing sets: Representation by statistical properties. Psychological science, 2001, 12(2), 157–162. DOI: 10.1111/1467-9280.00327.

Baker N., Kellman P.J. Independent mechanisms for processing local contour features and global shape. Journal of Experimental Psychology: General, 2023, 152(5), 1502–1526. DOI: 10.1037/xge0001349.

Batterink L.J., Reber P.J., Neville H.J., Paller K.A. Implicit and explicit contributions to statistical learning. Journal of memory and language, 2015, 83, 62–78. DOI: 10.1016/j.jml.2015.04.004.

Bays B.C., Turk-Browne N.B., Seitz A.R. Dissociable behavioural outcomes of visual statistical learning. Visual Cognition, 2015, 23(9–10), 1072–1097. DOI: 10.1080/13506285.2016.1139647.

Chee M.W.L., Zheng H., Goh J.O.S., Park D., Sutton B.P. Brain structure in young and old East Asians and Westerners: comparisons of structural volume and cortical thickness. Journal of Cognitive Neuroscience, 2011, 23(5), 1065–1079. DOI: 10.1162/jocn.2010.21513.

Chong S.C., Treisman A. Attentional spread in the statistical processing of visual displays. *Perception and Psychophysics*, 2005, 67(1), 1–13. DOI: 10.3758/BF03195009.

Chun M.M., Jiang Y. Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 1998, 36, 28–71. DOI: 10.1006/cogp.1998.0681.

Cohen M.A., Dennett D.C., Kanwisher N. What is the bandwidth of perceptual experience? *Trends in Cognitive Sciences*, 2016, 20(5), 324–335. DOI: 10.1016/j.tics.2016.03.006.

Cock J., Meier B. Correlation and response relevance in sequence learning. *Psychological Research*, 2013, 77, 449–462. DOI: 10.1007/s00426-012-0444-x.

Conci M., Sun L., Müller H.J. Contextual remapping in visual search after predictable target-location changes. *Psychological Research*, 2011, 75(4), 279–289. DOI: 10.1007/s00426-010-0306-3.

Conway C.M. How does the brain learn environmental structure? Ten core principles for understanding the neurocognitive mechanisms of statistical learning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2020, 112, 279–299. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2020.01.032.

Conway C.M., Christiansen M.H. Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2005, 31, 24–39. DOI: 10.1037/0278-7393.31.1.24.

Conway C.M., Christiansen M.H. Seeing and hearing in space and time: effects of modality and presentation rate on implicit statistical learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2009, 21(4), 561–580. DOI: 10.1080/09541440802097951.

Durrant S.J., Cairney S.A., Lewis P.A. Cross-modal transfer of statistical information benefits from sleep. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 2016, 78, 85–99. DOI: 10.1016/j.cortex.2016.02.011.

Emberson L.L., Conway C.M., Christiansen M.H. Timing is everything: changes in presentation rate have opposite effects on auditory and visual implicit statistical learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2011, 64(5), 1021–1040. DOI: 10.1080/17470218.2010.538972.

Endress A.D., Mehler J. The surprising power of statistical learning: when fragment knowledge leads to false memories of unheard words. *Journal of Memory and Language*, 2009, 60 (3), 351–367. DOI: 10.1016/j.jml.2008.10.003.

Fiser J., Aslin R.N. Unsupervised statistical learning of higher-order spatial structures from visual scenes. *Psychological Science*, 2001, 12, 499–504. DOI: 10.1111/1467-9280.00392.

Fiser J., Aslin R.N. Statistical learning of higher-order temporal structure from visual shape sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(3), 458–467. DOI: 10.1037/0278-7393.28.3.458.

Fiser J., Aslin R.N. Encoding multielement scenes: statistical learning of visual feature hierarchies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2005, 134(4), 521. DOI: 10.1037/0096-3445.134.4.521.

Franco A., Destrebecqz A. Chunking or not chunking? How do we find words in artificial language learning? *Advances in Cognitive Psychology*, 2012, 8 (2), 144–154. DOI:10.5709/acp-0111-3.

Frost R., Armstrong B.C., Siegelman N., Christiansen M.H. Domain generality versus modality specificity: The paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 2015, 19(3), 117–125. DOI: 10.1016/j.tics.2014.12.010.

Frost R., Armstrong B.C., Christiansen M.H. Statistical learning research: A critical review and possible new directions. *Psychological Bulletin*, 2019, 145(12), 1128. DOI: 10.1037/bul0000210.

Geyer T., Zehetleitner M., Müller H.J. Contextual cueing of pop-out visual search: When context guides the deployment of attention. *Journal of Vision*, 2010, 10(5), 20–20. DOI: 10.1167/10.5.20.

Goujon A., Didierjean A., Thorpe S. Investigating implicit statistical learning mechanisms through contextual cueing. *Trends in Cognitive Sciences*, 2015, 19(9), 524–533. DOI: 10.1016/j.tics.2015.07.009.

Hall M.G., Mattingley J.B., Dux P.E. Distinct contributions of attention and working memory to visual statistical learning and ensemble processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2015, 41(4), 1112. DOI: 10.1037/xhp0000069.



Herff S.A., Zhen S., Yu.R., Agres K.R. Age-dependent statistical learning trajectories reveal differences in information weighting. *Psychology and Aging*, 2020, 35(8), 1090–1104. DOI: 10.1037/pag0000567.

Himberger K.D., Finn A.S., Honey C.J. On the automaticity of visual statistical learning. *bioRxiv*, 2022, 07. DOI: 10.1101/2022.07.04.498716.

Jiang Y., Chun M.M. Selective attention modulates implicit learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 2001, 54(4), 1105–1124. DOI: 10.1080/713756001.

Jiang Y., Leung A.W. Implicit learning of ignored visual context. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2005, 12, 100–106. DOI: 10.3758/BF03196353.

Jiang Y., Song J.H. Spatial context learning in visual search and change detection. *Perception and Psychophysics*, 2005, 67(7), 1128–1139. DOI: 10.3758/BF03193546.

Jiang Y.V., Swallow K.M. Spatial reference frame of incidentally learned attention. *Cognition*, 2013, 126(3), 378–390. DOI: 10.1016/j.cognition.2012.10.011.

Lee S.W., O’Doherty J.P., Shimojo S. Neural computations mediating one-shot learning in the human brain. *PLoS biology*, 2015, 13(4), e1002137. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002137.

Lengyel G., Nagy M., Fiser J. Statistically defined visual chunks engage object-based attention. *Nature communications*, 2021, 12(1), 1–12. DOI: 10.1038/s41467-020-20589-z.

Li X., Zhao X., Shi W., Lu Y., Conway C.M. Lack of Cross-Modal Effects in Dual-Modality Implicit Statistical Learning. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9, 146. DOI: 10.1016/j.cortex.2016.02.011.

Lleras A., Von Muhlenen A. Spatial context and top-down strategies in visual search. *Spatial Vision*, 2004, 17(4), 465–482. DOI: 10.1163/1568568041920113.

Machner B., Braun L., Imholz J., Koch P.J., Münte T.F., Helmchen C., Sprenger A. Resting-State Functional Connectivity in the Dorsal Attention Network Relates to Behavioral Performance in Spatial Attention Tasks and May Show Task-Related Adaptation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2022, 15, 757128. DOI: 10.3389/fnhum.2021.757128.

McKone E., Aimola Davies A., Fernando D., Aalders R., Leung H., Wickramariyaratne T., Plaut M.J. Asia has the global advantage: Race and visual attention. *Vision Research*, 2010, 50(16), 1540–1549. DOI: 10.1016/j.visres.2010.05.010.

Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 1977, 9, 353-383. DOI: 10.1016/0010-0285(77)90012-3.

Newell B.R., Shanks D.R. Unconscious influences on decision making: A critical review. *Behavioral and brain sciences*, 2014, 37(1), 1-19. DOI: 10.1017/S0140525X12003214.

Nissen M.J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 1987, 19(1), 1–32. DOI: 10.1016/0010-0285(87)90002-8.

Orbán G., Fiser J., Aslin R.N., Lengyel M. Bayesian learning of visual chunks by human observers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105(7), 2745–2750. DOI: 10.1073/pnas.0708424105.

Palmer S.D., Hutson J., Mattys S.L. Statistical learning for speech segmentation: Age-related changes and underlying mechanisms. *Psychology and Aging*, 2018, 33(7), 1035–1044. DOI: 10.1037/pag0000292.

Perruchet P., Pacton S. Implicit learning and statistical learning: One phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10, 233–238. DOI: 10.1016/j.tics.2006.03.006.

Ramey M.M., Henderson J.M., Yonelinas A.P. The spatial distribution of attention predicts familiarity strength during encoding and retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2020, 149(11), 2046–2062. DOI: 10.1037/xge0000758.

Rausei V., Makovski T., Jiang Y.V. Attention dependency in implicit learning of repeated search context. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2007, 60(10), 1321–1328. DOI: 10.1080/17470210701515744.

Rutar D., de Wolff E., Kwisthout J., Hunnius S. Statistical learning mechanisms are flexible and can adapt to structural input properties. 2022. Available at SSRN 4027230. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2402303/v1.

Saffran J.R., Aslin R.N., Newport E.L. Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 1996, 274, 1926–1928. DOI: 10.1126/science.274.5294.1926.

Saffran J.R., Johnson E.K., Aslin R.N., Newport E.L. Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 1999, 70(1), 27–52. DOI: 10.1016/S0010-0277(98)00075-4.

Santolin C., Saffran J. Constraints on Statistical Learning Across Species. *Trends in Cognitive Sciences*, 2017, 22. DOI: 10.1016/j.tics.2017.10.003.

Scott R.B., Dienes Z. The conscious, the unconscious, and familiarity. *Journal of experimental psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 2008, 34(5), 1264–1288. DOI: 10.1037/a0012943.

Schwarb H., Schumacher E.H. Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. *Advances in Cognitive Psychology*, 2012, 8(2), 165-178. DOI: 10.2478/v10053-008-0113-1.

Sekimoto T., Motoyoshi I. Ensemble perception without phenomenal awareness of elements. *Scientific Reports*, 2022, 12(1), 1-8. DOI: 10.1038/s41598-022-15850-y.

Stevens W.D., Buckner R.L., Schacter D.L. Correlated low-frequency BOLD fluctuations in the resting human brain are modulated by recent experience in category-preferential visual regions. *Cerebral Cortex*, 2010, 20(8), 1997-2006. DOI: 10.1093/cercor/bhp270.

Theeuwes J., Bogaerts L., van Moorselaar D. What to expect where and when: how statistical learning drives visual selection. *Trends in Cognitive Sciences*, 2022, 26(10), 860-872. DOI: 10.1016/j.tics.2022.06.001.

Treisman A. How the deployment of attention determines what we see. *Visual Cognition*, 2006, 14(4-8), 411–443. DOI: 10.1080/13506280500195250.

Tummeltshammer K., Amso D., French R.M., Kirkham N.Z. Across space and time: Infants learn from backward and forward visual statistics. *Developmental Science*, 2017, 20(5), e12474. DOI:10.1111/desc.12474.

Turk-Browne N.B. Statistical learning and its consequences. The influence of attention, learning, and motivation on visual search. Springer, New York, NY, 2012. pp. 117-146. DOI: 10.1007/978-1-4614-4794-8\_6.

Turk-Browne N.B., Jungé J., Scholl B.J. The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2005, 134, 552–564. DOI: 10.1037/0096-3445.134.4.552.

Vickery T.J., Park S.H., Gupta J., Berryhill M.E. Tasks determine what is learned in visual statistical learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2018, 25(5), 1847–1854. DOI: 10.3758/s13423-017-1405-6.

Wang W., Yonelinas A.P. Familiarity is related to conceptual implicit memory: An examination of individual differences. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2012, 19, 1154–1164. DOI: 10.3758/s13423-012-0298-7.

Wierzchoń M., Asanowicz D., Paulewicz B., Cleeremans A. Subjective measures of consciousness in artificial grammar learning task. *Consciousness and Cognition*, 2012, 21(3), 1141-1153. DOI: 10.1016/j.concog.2012.05.012.

Whitney D., Yamanashi Leib A. Ensemble perception. *Annual Review of Psychology*, 2018, 69, 105-129. DOI: 10.1146/annurev-psych-010416-044232.

Yang Y., Coutinho M.V., Greene A.J., Hannula D.E. Contextual cueing is not flexible. *Consciousness and Cognition*, 2021, 93, 103164. DOI: 10.1016/j.concog.2021.103164.

Zang X., Assumpção L., Wu J., Xie X., Zinchenko A. Task-Irrelevant Context Learned Under Rapid Display Presentation: Selective Attention in Associative Blocking. *Frontiers in Psychology*, 2021, 12:675848. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.675848.

Zhao J., Luo Y. Statistical regularities guide the spatial scale of attention. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 2017, 79(1), 24-30. DOI: 10.3758/s13414-016-1233-1.

Zhao J., Ngo N., McKendrick R., Turk-Browne N.B. Mutual interference between statistical summary perception and statistical learning. *Psychological Science*, 2011, 22(9), 1212-1219. DOI: 10.1177/0956797611419304.

Поступила в редакцию: 26 июня 2022 г. Дата публикации: 17 июля 2023 г.

### Сведения об авторах

*Деева Татьяна Михайловна.* Соискатель ученой степени кандидата наук, ФГБУН Институт психологии Российской академии наук, ул. Ярославская, 13, 129366 Москва, Россия.

E-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)

### Ссылка для цитирования

Деева Т.М. О режимах распределения внимания при усвоении визуальных пространственных закономерностей. Психологические исследования. 2023. Т. 16, № 89. С. 7. URL: <https://psystudy.ru>

Адрес статьи: <https://doi.org/10.54359/ps.v16i89.1398>

***Deeva T.M.<sup>1</sup> On the modes of attention distribution in the learning of visual spatial regularities***

<sup>1</sup> Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Humans possess the ability to unconsciously extract and learn patterns in structured spatial environments. However, the cognitive mechanisms responsible for enabling this capacity are to be discovered. Learning of spatial regularities falls under the purview of visual statistical learning. This form of learning occurs incidentally during the resolution of diverse tasks involving the processing of information from multiple objects. Consequently, visual spatial statistical learning is closely linked to the characteristics of attentional allocation. This paper is aimed to analyze recent empirical data concerning the relationship between learning and attentional distribution while resolving specific tasks. We describe principal experimental paradigms employed in investigations of spatial statistical learning. We also analyze data on the role of focused and distributed, global and local modes of attention in visual statistical learning. Additionally, the connection between statistical learning and the perception of ensemble perception, as well as statistical learning and global set perception, is explored. An exemplary situation in spatial statistical learning, namely the acquisition of contextual cues in a visual search task, is presented. Empirical data on the role of attentional modes in the context cueing paradigm is juxtaposed with findings from the original experimental approach in the field of spatial statistical learning. In conclusion, the paper discusses key challenges in spatial statistical learning and proposes potential avenues for further research in this domain.

**Keywords:** statistical learning, visual attention, learning of spatial regularities, ensemble perception, contextual cueing

## Funding

The article was prepared in accordance with the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation № 0138-2023-0009.

## References

Tihonov R.V., Ammalajnen A.V., Moroshkina N.V. Mnogoobrazie metakognitivny`x chuvstv: razny`e fenomeny` ili razny`e terminy`? Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Psixologiya i pedagogika, 2018, 8(3), 214–242. DOI: 10.21638/11701/spbu16.2018.302. (In Russian)

Yakovlev A.Yu., Tyurina N.A., Utochkin I.S. Zritel'noe vospriyatie ansamblej: obzor issledovanij // Rossijskij zhurnal kognitivnoj nauki. 2020. T. 7. No 3. C. 4–24. DOI: 10.47010/20.3.1. <http://www.cogjournal.ru>. (In Russian)

Alvarez G.A. Representing multiple objects as an ensemble enhances visual cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 2011, 15(3), 122–131. DOI: 10.1016/j.tics.2011.01.003.

Alvarez G.A., Oliva A. The representation of simple ensemble visual features outside the focus of attention. *Psychological science*, 2008, 19(4), 392–398. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2008.02098.x.

Ariely D. Seeing sets: Representation by statistical properties. *Psychological science*, 2001, 12(2), 157–162. DOI: 10.1111/1467-9280.00327.

Baker N., Kellman P.J. Independent mechanisms for processing local contour features and global shape. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2023, 152(5), 1502–1526. DOI: 10.1037/xge0001349.

Batterink L.J., Reber P.J., Neville H.J., Paller K.A. Implicit and explicit contributions to statistical learning. *Journal of memory and language*, 2015, 83, 62–78. DOI: 10.1016/j.jml.2015.04.004.

Bays B.C., Turk-Browne N.B., Seitz A.R. Dissociable behavioural outcomes of visual statistical learning. *Visual Cognition*, 2015, 23(9–10), 1072–1097. DOI: 10.1080/13506285.2016.1139647.

Chee M.W.L., Zheng H., Goh J.O.S., Park D., Sutton B.P. Brain structure in young and old East Asians and Westerners: comparisons of structural volume and cortical thickness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2011, 23(5), 1065–1079. DOI: 10.1162/jocn.2010.21513.

Chong S.C., Treisman A. Attentional spread in the statistical processing of visual displays. *Perception and Psychophysics*, 2005, 67(1), 1–13. DOI: 10.3758/BF03195009.

Chun M.M., Jiang Y. Contextual cueing: Implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cognitive Psychology*, 1998, 36, 28–71. DOI: 10.1006/cogp.1998.0681.

Cohen M.A., Dennett D. C., Kanwisher N. What is the bandwidth of perceptual experience? *Trends in Cognitive Sciences*, 2016, 20(5), 324–335. DOI: 10.1016/j.tics.2016.03.006.

Cock J., Meier B. Correlation and response relevance in sequence learning. *Psychological Research*, 2013, 77, 449–462. DOI: 10.1007/s00426-012-0444-x.

Conci M., Sun L., Müller H.J. Contextual remapping in visual search after predictable target-location changes. *Psychological Research*, 2011, 75(4), 279–289. DOI: 10.1007/s00426-010-0306-3.

Conway C.M. How does the brain learn environmental structure? Ten core principles for understanding the neurocognitive mechanisms of statistical learning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2020, 112, 279-299. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2020.01.032.

Conway C.M., Christiansen M.H. Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2005, 31, 24–39. DOI: 10.1037/0278-7393.31.1.24.

Conway C.M., Christiansen M.H. Seeing and hearing in space and time: effects of modality and presentation rate on implicit statistical learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2009, 21 (4), 561–580. DOI: 10.1080/09541440802097951.

Durrant S.J., Cairney S.A., Lewis P.A. Cross-modal transfer of statistical information benefits from sleep. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 2016, 78, 85–99. DOI: 10.1016/j.cortex.2016.02.011.

Emberson L.L., Conway C.M., Christiansen M.H. Timing is everything: changes in presentation rate have opposite effects on auditory and visual implicit statistical learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2011, 64 (5), 1021–1040. DOI: 10.1080/17470218.2010.538972.

Endress A.D., Mehler J. The surprising power of statistical learning: when fragment knowledge leads to false memories of unheard words. *Journal of Memory and Language*, 2009, 60 (3), 351–367. DOI: 10.1016/j.jml.2008.10.003.

Fiser J., Aslin R.N. Unsupervised statistical learning of higher-order spatial structures from visual scenes. *Psychological Science*, 2001, 12, 499–504. DOI: 10.1111/1467-9280.00392.

Fiser J., Aslin R.N. Statistical learning of higher-order temporal structure from visual shape sequences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 2002, 28(3), 458–467. DOI: 10.1037/0278-7393.28.3.458.



Fiser J., Aslin R.N. Encoding multielement scenes: statistical learning of visual feature hierarchies. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2005, 134(4), 521. DOI: 10.1037/0096-3445.134.4.521.

Franco A., Destrebecqz A. Chunking or not chunking? How do we find words in artificial language learning? *Advances in Cognitive Psychology*, 2012, 8 (2), 144–154. DOI:10.5709/acp-0111-3.

Frost R., Armstrong B.C., Siegelman N., Christiansen M.H. Domain generality versus modality specificity: The paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 2015, 19(3), 117–125. DOI: 10.1016/j.tics.2014.12.010.

Frost R., Armstrong B.C., Christiansen M.H. Statistical learning research: A critical review and possible new directions. *Psychological Bulletin*, 2019, 145(12), 1128. DOI: 10.1037/bul0000210.

Geyer T., Zehetleitner M., Müller H.J. Contextual cueing of pop-out visual search: When context guides the deployment of attention. *Journal of Vision*, 2010, 10(5), 20–20. DOI: 10.1167/10.5.20.

Goujon A., Didierjean A., Thorpe S. Investigating implicit statistical learning mechanisms through contextual cueing. *Trends in Cognitive Sciences*, 2015, 19(9), 524–533. DOI: 10.1016/j.tics.2015.07.009.

Hall M.G., Mattingley J.B., Dux P.E. Distinct contributions of attention and working memory to visual statistical learning and ensemble processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2015, 41(4), 1112. DOI: 10.1037/xhp0000069.

Herff S.A., Zhen S., Yu R., Agres K.R. Age-dependent statistical learning trajectories reveal differences in information weighting. *Psychology and Aging*, 2020, 35(8), 1090–1104. DOI: 10.1037/pag0000567.

Himberger K.D., Finn A.S., Honey C.J. On the automaticity of visual statistical learning. *bioRxiv*, 2022, 07. DOI: 10.1101/2022.07.04.498716.

Jiang Y., Chun M.M. Selective attention modulates implicit learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 2001, 54(4), 1105–1124. DOI: 10.1080/713756001.

Jiang Y., Leung A.W. Implicit learning of ignored visual context. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2005, 12, 100–106. DOI: 10.3758/BF03196353.

Jiang Y., Song J.H. Spatial context learning in visual search and change detection. *Perception and Psychophysics*, 2005, 67(7), 1128–1139. DOI: 10.3758/BF03193546.

Jiang Y.V., Swallow K.M. Spatial reference frame of incidentally learned attention. *Cognition*, 2013, 126(3), 378–390. DOI: 10.1016/j.cognition.2012.10.011.

Lee S.W., O’Doherty J.P., Shimojo S. Neural computations mediating one-shot learning in the human brain. *PLoS biology*, 2015, 13(4), e1002137. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002137.

Lengyel G., Nagy M., Fiser J. Statistically defined visual chunks engage object-based attention. *Nature communications*, 2021, 12(1), 1–12. DOI: 10.1038/s41467-020-20589-z.

Li X., Zhao X., Shi W., Lu Y., Conway C.M. Lack of Cross-Modal Effects in Dual-Modality Implicit Statistical Learning. *Frontiers in Psychology*, 2018, 9, 146. DOI: 10.1016/j.cortex.2016.02.011.

Lleras A., Von Muhlenen A. Spatial context and top-down strategies in visual search. *Spatial Vision*, 2004, 17(4), 465–482. DOI: 10.1163/1568568041920113.

Machner B., Braun L., Imholz J., Koch P.J., Münte T.F., Helmchen C., Sprenger A. Resting-State Functional Connectivity in the Dorsal Attention Network Relates to Behavioral Performance in Spatial Attention Tasks and May Show Task-Related Adaptation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2022, 15, 757128. DOI: 10.3389/fnhum.2021.757128.

McKone E., Aimola Davies A., Fernando D., Aalders R., Leung H., Wickramariyaratne T., Platow, M.J. Asia has the global advantage: Race and visual attention. *Vision Research*, 2010, 50(16), 1540–1549. DOI: 10.1016/j.visres.2010.05.010.

Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 1977, 9, 353–383. DOI: 10.1016/0010-0285(77)90012-3.

Newell B.R., Shanks D.R. Unconscious influences on decision making: A critical review. *Behavioral and brain sciences*, 2014, 37(1), 1–19. DOI: 10.1017/S0140525X12003214.

Nissen M.J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 1987, 19(1), 1–32. DOI: 10.1016/0010-0285(87)90002-8.

Orbán G., Fiser J., Aslin R.N., Lengyel M. Bayesian learning of visual chunks by human observers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105(7), 2745–2750. DOI: 10.1073/pnas.0708424105.

Palmer S.D., Hutson J., Mattys S.L. Statistical learning for speech segmentation: Age-related changes and underlying mechanisms. *Psychology and Aging*, 2018, 33(7), 1035–1044. DOI: 10.1037/pag0000292.

Perruchet P., Pacton S. Implicit learning and statistical learning: One phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences*, 2006, 10, 233–238. DOI: 10.1016/j.tics.2006.03.006.

Ramey M.M., Henderson J.M., Yonelinas A.P. The spatial distribution of attention predicts familiarity strength during encoding and retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2020, 149(11), 2046–2062. DOI: 10.1037/xge0000758.

Rausei V., Makovski T., Jiang Y.V. Attention dependency in implicit learning of repeated search context. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2007, 60(10), 1321–1328. DOI: 10.1080/17470210701515744.

Rutar D., de Wolff E., Kwisthout J., Hunnius S. Statistical learning mechanisms are flexible and can adapt to structural input properties. 2022. Available at SSRN 4027230. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2402303/v1.

Saffran J.R., Aslin R.N., Newport E.L. Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 1996, 274, 1926–1928. DOI: 10.1126/science.274.5294.1926.

Saffran J.R., Johnson E.K., Aslin R.N., Newport E.L. Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition*, 1999, 70(1), 27–52. DOI: 10.1016/S0010-0277(98)00075-4.

Santolin C., Saffran J. Constraints on Statistical Learning Across Species. *Trends in Cognitive Sciences*, 2017, 22. DOI: 10.1016/j.tics.2017.10.003.

Scott R.B., Dienes Z. The conscious, the unconscious, and familiarity. *Journal of experimental psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 2008, 34(5), 1264–1288. DOI: 10.1037/a0012943.

Schwarb H., Schumacher E.H. Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. *Advances in Cognitive Psychology*, 2012, 8(2), 165-178. DOI: 10.2478/v10053-008-0113-1.

Sekimoto T., Motoyoshi I. Ensemble perception without phenomenal awareness of elements. *Scientific Reports*, 2022, 12(1), 1-8. DOI: 10.1038/s41598-022-15850-y.

Stevens W.D., Buckner R.L., Schacter D.L. Correlated low-frequency BOLD fluctuations in the resting human brain are modulated by recent experience in category-preferential visual regions. *Cerebral Cortex*, 2010, 20(8), 1997-2006. DOI: 10.1093/cercor/bhp270.

Theeuwes J., Bogaerts L., van Moorselaar D. What to expect where and when: how statistical learning drives visual selection. *Trends in Cognitive Sciences*, 2022, 26(10), 860-872. DOI: 10.1016/j.tics.2022.06.001.

Treisman A. How the deployment of attention determines what we see. *Visual Cognition*, 2006, 14(4-8), 411–443. DOI: 10.1080/13506280500195250.

Tummeltshammer K., Amso D., French R.M., Kirkham N.Z. Across space and time: Infants learn from backward and forward visual statistics. *Developmental Science*, 2017, 20(5), e12474. DOI:10.1111/desc.12474.

Turk-Browne N.B. Statistical learning and its consequences. The influence of attention, learning, and motivation on visual search. Springer, New York, NY, 2012. pp. 117-146. DOI: 10.1007/978-1-4614-4794-8\_6.

Turk-Browne N.B., Jungé J., Scholl B.J. The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2005, 134, 552–564. DOI: 10.1037/0096-3445.134.4.552.

Vickery T.J., Park S.H., Gupta J., Berryhill M.E. Tasks determine what is learned in visual statistical learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2018, 25(5), 1847–1854. DOI: 10.3758/s13423-017-1405-6.

Wang W., Yonelinas A.P. Familiarity is related to conceptual implicit memory: An examination of individual differences. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2012, 19, 1154–1164. DOI: 10.3758/s13423-012-0298-7.

Wierzchoń M., Asanowicz D., Paulewicz B., Cleeremans A. Subjective measures of consciousness in artificial grammar learning task. *Consciousness and Cognition*, 2012, 21(3), 1141-1153. DOI: 10.1016/j.concog.2012.05.012.

Whitney D., Yamanashi Leib A. Ensemble perception. *Annual Review of Psychology*, 2018, 69, 105-129. DOI: 10.1146/annurev-psych-010416-044232.

Yang Y., Coutinho M.V., Greene A.J., Hannula D.E. Contextual cueing is not flexible. *Consciousness and Cognition*, 2021, 93, 103164. DOI: 10.1016/j.concog.2021.103164.

Zang X., Assumpção L., Wu J., Xie X., Zinchenko A. Task-Irrelevant Context Learned Under Rapid Display Presentation: Selective Attention in Associative Blocking. *Frontiers in Psychology*, 2021, 12:675848. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.675848.

Zhao J., Luo Y. Statistical regularities guide the spatial scale of attention. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 2017, 79(1), 24-30. DOI: 10.3758/s13414-016-1233-1.

Zhao J., Ngo N., McKendrick R., Turk-Browne N.B. Mutual interference between statistical summary perception and statistical learning. *Psychological Science*, 2011, 22(9), 1212-1219. DOI: 10.1177/0956797611419304.

### Information about authors

*Deeva Tatiana Mikhailovna*. Candidate of the academic degree, Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, 13 build. 1, Yaroslavskaya Str., Moscow, 129366, Russia

E-mail: [tatianadeeva@yandex.ru](mailto:tatianadeeva@yandex.ru)

For citation: Deeva T.M. On the modes of attention distribution in the learning of visual spatial regularities. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2023, Vol. 16, No. 89, p. 7. <https://psystudy.ru>