

ВОСПРИЯТИЕ РАЗМЕРА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В АНСАМБЛЯХ ПРИ СФОКУСИРОВАННОМ И РАСПРЕДЕЛЕННОМ ВНИМАНИИ

М.Е. БУЛАТОВА, И.С. УТОЧКИН



Булатова Мария Евгеньевна — стажер-исследователь международной научно-учебной лаборатории социокультурных исследований НИУ ВШЭ, магистр психологии. Область научных интересов: психология восприятия, социальная психология, креативность, неосознаваемое восприятие и запоминание.

Контакты: bulatova.m.e@gmail.com



Уточкин Игорь Сергеевич — доцент факультета психологии НИУ ВШЭ, заведующий научно-учебной лабораторией когнитивных исследований НИУ ВШЭ, кандидат психологических наук.

Область научных интересов: психология зрительного восприятия и внимания, психофизика, экспериментальная психология.

Контакты: isutochkin@inbox.ru

Резюме

При восприятии больших множеств объектов наблюдатель способен с большой точностью выделять статистические параметры множества, продолжая при этом воспринимать совокупность отдельных объектов, а не абстрактный параметр. В данном исследовании мы изучаем, насколько искажается восприятие характеристик индивидуального объекта, окруженного другими объектами, формирующими ансамбль, при сфокусированном и распределенном внимании. Участникам исследования предъявлялись наборы от 1 до 16 кругов различного размера, после чего им было необходимо определить

размер индивидуального целевого круга методом двухальтернативного вынужденного выбора. Местоположение целевого круга подсказывалось либо до предъявления набора кругов, что вызывало фокусировку внимания на единичном объекте, либо после, что позволяло вниманию распределяться между всеми членами ансамбля. Мы обнаружили сильный эффект контекста на восприятие размера индивидуального круга как при распределенном, так и при сфокусированном внимании. Тем не менее в условиях распределенного внимания влияние характеристик ансамбля выражено значительно сильнее. Помимо этого мы обнаружили тенденцию к «компрессии» воспринимаемых размеров наибольших объектов ансамблей, также наиболее выраженную при распределенном внимании. Мы объясняем данную тенденцию унификацией признака, которая увеличивает сходство между индивидуальными объектами и способствует холистическому характеру восприятия ансамбля. При сфокусированном внимании унификация признака выражена слабее, что позволяет обрабатывать характеристики индивидуальных объектов.

Ключевые слова: *восприятие ансамблей, распределенное внимание, сфокусированное внимание, восприятие размера.*

В повседневной жизни мы в целом успешно ориентируемся в разнообразии непрерывно воспринимаемой нами зрительной информации. Тем не менее у нашего восприятия существуют серьезные ограничения, которые необходимо принимать во внимание: единомоментно мы способны четко воспринять лишь несколько объектов, находящихся в фокусе внимания (Pylyshyn, Storm, 1988), в то время как другие объекты «теряются» в массе себе подобных (He et al., 1996; Parkes et al., 2001), а иногда и вовсе остаются незамеченными (Mack, Rock, 1998). Это ограничение отчасти может быть компенсировано перемещением внимания от объекта к объекту, однако такой способ кодирования зрительной сцены требует времени и не объясняет нашего повседневного опыта легкого и не требующего усилий восприятия. Ведь, как правило, мы в состоянии

получить информацию о большом множестве объектов практически одновременно, и этого времени недостаточно для осуществления нескольких сдвигов сфокусированного внимания.

Более эффективным способом преодоления ограничений внимания является кодирование сводной статистики множества, или ансамбля, объектов, с некоторой потерей качества восприятия свойств индивидуальных объектов. Д. Ариэли (Ariely, 2001) показал, что в условиях краткого зрительного предъявления наблюдатели точнее оценивают средний размер множественных объектов, чем размер отдельного объекта из этого множества. Ряд исследований также подтверждает, что перцептивные репрезентации индивидуальных объектов, как правило, теряют четкость, если на них не сфокусировано внимание, в то время

как статистические параметры ансамбля остаются доступными (Alvarez, Oliva, 2009; Parkes et al., 2001). Таким образом, репрезентация статистических параметров воспринимаемых объектов является эффективным инструментом, который позволяет кодировать информацию об окружающей среде в отсутствие сфокусированного внимания.

Однако даже при восприятии ансамбля объектов мы воспринимаем не просто абстрактные средние: мы все еще в состоянии в некоторой степени различать индивидуальные объекты и их характеристики, осознавая, по крайней мере, что эти объекты одинаковые или, наоборот, разные. Таким образом, сведения об индивидуальных объектах используются и для подсчета общих статистик, и для феноменального восприятия. Следовательно, информация о каждом индивидуальном члене множества должна каким-то образом сохраняться в сознании даже в отсутствие сфокусированного внимания. Какова «судьба» индивидуальных объектов в ансамбле? Как они воспринимаются при кратком предъявлении в окружении других похожих объектов? Каким образом воспринимаемые характеристики объекта трансформируются под влиянием других членов ансамбля? Поиску ответов на эти вопросы посвящено наше исследование.

В своем недавнем исследовании Т. Брэйди и Дж. Альварес (Brady, Alvarez, 2011) также обратились к некоторым из этих вопросов. Они предъявляли своим испытуемым на 1.5 секунды наборы разноцветных кругов разного размера и просили запомнить, какого размера был каж-

дый из кругов. После исчезновения набора в одной из частей экрана показывался тестовый круг, и испытуемые должны были подравнять его размер под размер круга, который перед этим предъявлялся в том же самом месте. Т. Брэйди и Дж. Альварес обнаружили, что испытуемые склонны недооценивать размеры очень больших кругов и переоценивать размеры очень маленьких кругов, т.е. их оценки индивидуальных объектов сдвигались к среднему размеру для всего ансамбля. Кроме того, внутри подмножеств, образованных кругами одного определенного цвета, также происходил сдвиг к среднему для каждого из подмножеств размеру. Таким образом, по мнению Т. Брэйди и Дж. Альвареса, сводные статистики множественных объектов иерархически влияют на кодирование более локальных характеристик подмножеств и, в конечном счете, индивидуальных объектов.

Тем не менее данная методология не позволяет определить «судьбу» индивидуального объекта при кратковременном восприятии: предъявление ансамбля на 1.5 секунды и инструкция, требующая сосредоточения на отдельных объектах, позволяли, по крайней мере, несколько раз переместить фокус внимания от объекта к объекту и, соответственно, улучшить индивидуальные репрезентации. В нашем исследовании мы попытались отделить распределенное внимание, которое задействовано в единовременном кодировании ансамбля как целого, от сфокусированного, которое, как предполагается, призвано обеспечить лучшее кодирование свойств специально вычлененных из ансамбля объектов

(Chong, Treisman, 2005; Treisman, 2006). Мы разработали методику, в которой наши наблюдатели должны были определить размер круга, появлявшегося внутри рамки-подсказки. Целевое местоположение могло указываться либо до, либо после предъявления набора: первое условие позволяло *сфокусировать* внимание на соответствующем объекте, в то время как второе условие заставляло *распределять* внимание в равной степени по всему экрану, делая невозможным предварительное сосредоточение внимания на каком-либо конкретном объекте. Для контроля шумовых взаимодействий между элементами множеств мы варьировали размер кругов в ансамблях. Мы предположили, что репрезентация индивидуальных объектов в условии распределенного внимания будет искажена значительно сильнее, нежели при сфокусированном внимании. Также мы предположили, что при распределенном внимании оценка размера индивидуального объекта будет смещена в сторону среднего сильнее, чем в условии сфокусированного внимания. Другими словами, размер наименьших объектов ансамбля будет систематически завышаться, в то время как размер больших — недооцениваться.

Методика

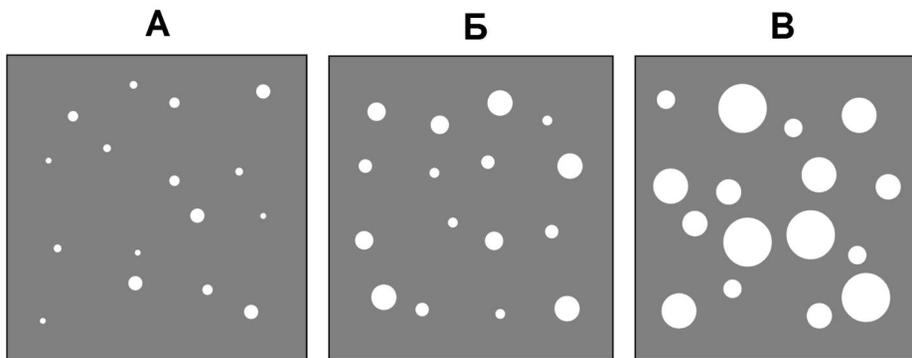
Испытуемые. В исследовании приняли участие 25 студентов Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». Все испытуемые имели нормальное или скорректированное до нормального зрение.

Аппаратура и стимуляция. Стимуляция предъявлялась с помощью программы StimMake для Windows (авторы — А.Н. Гусев и А.Е. Кремлев, 2005–2013). Для предъявления использовались стандартные VGA-мониторы с частотой обновления 85 Гц и пространственным разрешением 800×600 пикселей. Для регистрации ответов использовались пульта, совместимые с параллельным портом персонального компьютера.

Стимулы предъявлялись на однородном сером поле размером 20.5×20.5 градусов. Поле было поделено на $4 \times 4 = 16$ воображаемых квадратов со стороной, равной 3.6 градусам. Эти воображаемые квадраты представляли собой потенциальные позиции объектов, т.е. каждый квадрат мог быть с равной вероятностью занят только одним объектом или не занят вовсе. В качестве тестовых объектов были использованы белые круги десяти фиксированных диаметров от 0.4 до 3.5 градусов. Каждый последующий размер был получен путем умножения предыдущего диаметра на 1.4. В каждом ансамбле могло использоваться до четырех соседних размеров, при этом образовывались три различных диапазона: малый (от 0.4 до 0.98 градусов, рисунок 1А), средний (от 0.74 до 1.88 градуса, рисунок 1Б) и большой (от 1.39 до 3.5 градусов, рисунок 1В). Изменяющиеся диапазоны размеров позволяли уменьшить нежелательные эффекты адаптации, привыкания и предвосхищения.

Количество объектов на экране могло составлять 1, 4, 8 или 16. В качестве указателей местоположения релевантного круга использовались черные рамки, окружающие по

Примеры экспериментальных стимулов трех различных диапазонов



периметру воображаемые квадраты — позиции цели.

Для измерения точности восприятия размера использовалась задача двухальтернативного вынужденного выбора. Для каждого возможного размера целевого круга было изготовлено четыре тестовые пары, при этом один круг всегда был равен реальному размеру релевантного круга, а другой был либо на размер больше, либо на размер меньше. Каждая пара содержала два расположенных по обе стороны от точки фиксации круга соседних размеров. В половине проб наибольший из двух тестовых кругов располагался слева, в половине проб — справа.

Процедура. Испытуемые располагались на расстоянии примерно 70 см от монитора. На короткое время им предъявлялись зрительные ансамбли, при этом местоположение одного из объектов — белых кругов — подсказывалось с помощью черной рамки. После этого с некоторой задержкой предлагались пары тестовых кругов. Согласно инструкции, испытуемые должны были выбрать тот

круг, который, по их мнению, имеет такой же размер, как и подсказанный член ансамбля, зарегистрировав свой ответ нажатием на правую или левую кнопку пульта в соответствии с местоположением выбранного ими образца.

Каждая проба эксперимента начиналась с предъявления фиксационного креста на 500 мс. Далее последовательность событий была различной в зависимости от условия сфокусированного или распределенного внимания. В условии сфокусированного внимания (рисунок 2А) сразу после точки фиксации на 100 мс предъявлялась пространственная подсказка позиции будущего целевого круга, после чего следовало предъявление пустого серого фона в течение 500 мс. После этого в течение 500 мс испытуемому предъявлялся основной ансамбль, затем снова пустой экран в течение 800 мс и пара тестовых стимулов, которая оставалась на экране до ответа испытуемого или исчезала через 7000 мс, если ответ не был дан за это время. В условии распределенного внима-

ния (рисунок 2Б) зрительные ансамбли предъявлялись сразу же после фиксации, а релевантная позиция подсказывалась во время интервала ожидания тестовой пары спустя 500 мс после исчезновения ансамбля.

Эксперимент состоял из 384 основных и 20 тренировочных проб.

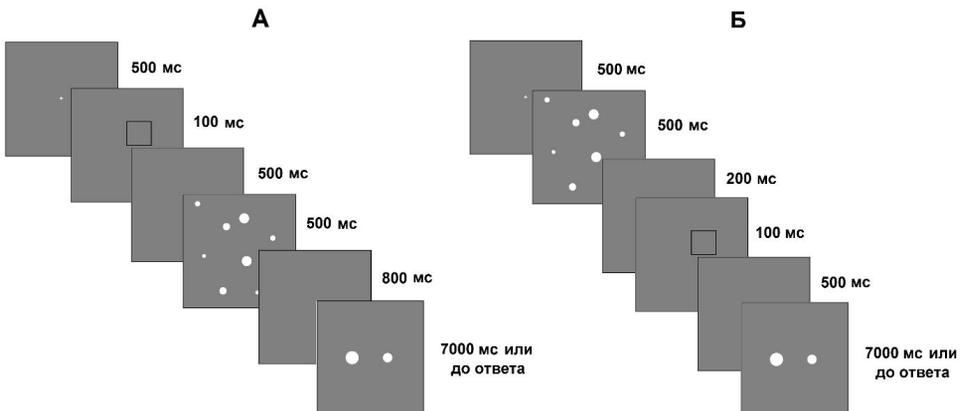
Переменные. Независимыми переменными (факторами) являлись «Тип подсказки» (направленная на сфокусированное или распределенное внимание), «Количество объектов» (1, 4, 8 или 16) и «Относительный размер цели», т.е. того члена ансамбля, на который указала подсказка (размеры были закодированы как 1, 2, 3 и 4 в порядке возрастания). Все независимые переменные были внутригрупповыми. В качестве зависимых переменных использовались «Вероятность верных ответов», а также «Вероятность выбора наибольшего члена» из тестовой пары, что рассматривалось как показатель тенденции к недооценке или переоценке размера.

Результаты

Результаты эксперимента анализировались с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями. Точность оценки размера значительно различалась при двух типах подсказки (главный эффект фактора «Тип подсказки»: $F(1, 25) = 108.90, p < 0.001, \eta^2_p = 0.81$), являясь более высокой при сфокусированном внимании, чем при распределенном. Также мы обнаружили, что точность оценки размера уменьшается при увеличении количества объектов (главный эффект фактора «Количество объектов»: $F(3, 23) = 41.94, p < 0.001, \eta^2_p = 0.85$). Наконец, эффект взаимодействия между факторами «Тип подсказки» и «Количество объектов» также оказался значимым ($F(3, 23) = 13.74, p < 0.001, \eta^2_p = 0.64$), указывая на более сильную потерю точности с увеличением количества объектов в условии распределенного внимания, в то время как при сфокусированном внимании

Рисунок 2

Последовательности предъявления стимулов в двух условиях: А) при сфокусированном и Б) распределенном внимании



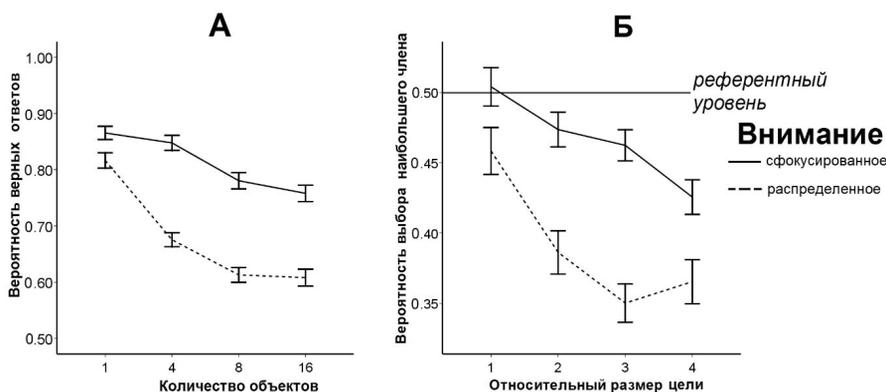
эта тенденция выражена слабее (рисунок 3А).

Для анализа тенденции к недооценке размера мы использовали вероятность выбора наибольшего члена тестовой пары. Учитывая заданное распределение правильных ответов, при котором в половине случаев правильным являлся выбор наибольшего тестового круга, мы рассматривали вероятность, равную 0.5, в качестве референтного уровня, который свидетельствует об отсутствии тенденции к недооценке или переоценке. Соответственно, значения вероятности ниже 0.5 свидетельствовали о склонности к недооценке, а выше 0.5 — о склонности к переоценке размера. В целом испытуемые обнаружили тенденцию к недооценке размеров (рисунок 3Б). Главный эффект фактора «Тип подсказки» оказался значимым ($F(1, 25) = 43.84, p < 0.001, \eta^2_p = 0.64$), указывая на более сильную тенденцию к недооценке в условии распределенного внимания. Главный эффект

фактора «Количество объектов» также оказался значимым ($F(1, 25) = 9.80, p < 0.001, \eta^2_p = 0.56$), указывая на усиление тенденции к недооценке размера по мере увеличения количества объектов. Наконец, вероятность выбора наибольшего члена уменьшалась по мере увеличения относительного размера целевого стимула (главный эффект фактора «Относительный размер цели»: $F(3, 23) = 9.33, p < 0.001, \eta^2_p = 0.55$). Как видно из рисунка 3Б, оценка размера целей малых размеров лишь слегка отклонялась от референтного уровня в сторону недооценки, однако по мере увеличения размера это отклонение постепенно усиливалось. Эффект взаимодействия факторов «Тип подсказки» и «Относительный размер цели» также оказался значимым ($F(3, 23) = 8.19, p < 0.001, \eta^2_p = 0.52$). Так, разница в степени недооценки между пробами с распределенным и сфокусированным вниманием усугублялась по мере увеличения размера цели (рисунок 3Б). Эффект

Рисунок 3

Результаты эксперимента: А) точность оценки размера стимулов в зависимости от количества объектов; Б) степень недооценки целевого стимула в зависимости от его размера



взаимодействия между факторами «Тип подсказки» и «Количество объектов» оказался незначимым.

Обсуждение результатов

Мы обнаружили, что точность оценки размера индивидуального объекта в ансамблях всех размеров, в том числе содержащих единственный объект, была предсказуемо ниже в условии распределенного внимания. Даже при восприятии единственного объекта наблюдатели, как правило, недооценивали его в большей степени при последующей подсказке, чем при предварительной – соответствующей условию сфокусированного внимания. Таким образом, мы подтвердили, что сфокусированное внимание обладает преимуществами при кодировании информации, что находит отражение в более точных суждениях в отношении предварительно подсказанных индивидуальных объектов (Jonides, 1981). Также мы обнаружили, что точность оценки, как правило, снижается с увеличением количества объектов в ансамбле как при распределенном, так и при сфокусированном внимании. Тем не менее даже в условии распределенного внимания точность оценок всегда оставалась выше уровня случайных угадываний (вероятность правильных ответов, равная 0.5). Это значит, что, по-видимому, некоторая информация об индивидуальных объектах сохраняется даже тогда, когда внимание распределено между всеми членами ансамбля, несмотря на существенное влияние контекста, создаваемого остальными членами ансамбля. Тот факт, что контекст влияет на точ-

ность восприятия размера даже в условии сфокусированного внимания, соответствует представлениям о предшествовании глобальных характеристик по отношению к локальным при обработке зрительной информации (Navon, 1977). Однако эффект контекста выражен значительно сильнее в случае, если внимание равномерно распределено по зрительной сцене.

Существует мнение, что репрезентация индивидуальных объектов при предъявлении их в ансамбле ухудшается из-за усиления перцептивного шума и сгущивания объектов (He et al., 1996). Тем не менее это не может объяснить обнаруженные нами тренды в смещении оценок (рисунок 3). Если бы доступ к индивидуальным характеристикам просто терялся, это привело бы либо к отсутствию смещения в ответах, либо к константному уровню смещения вне зависимости от размера объектов. Однако мы наблюдаем усиление недооценки размера с увеличением размера объекта в конкретном наборе. Мы варьировали диапазон размеров кругов в ансамблях – четыре наименьших размера, четыре средних размера и четыре наибольших размера из десяти (рисунок 1) – и обнаружили, что наибольшие объекты внутри каждого диапазона недооцениваются в наибольшей степени. Поскольку благодаря варьированию диапазонов определенный круг мог быть наибольшим в одном ансамбле и при этом – наименьшим в другом, мы можем утверждать, что обнаруженная тенденция является универсальной и зависит не от размера целевого объекта, а от эффекта контекста. Мы также обнаружили,

что это воспринимаемое уменьшение размера объектов более выражено при участии распределенного внимания, когда глобальные характеристики ансамбля кодируются эффективнее, нежели локальные характеристики отдельных объектов.

Формально результаты данного эксперимента отличаются от полученных Т. Брэйди и Дж. Альваресом (Brady, Alvarez, 2011), которые обнаружили сдвиг воспринимаемых размеров к среднему значению, тогда как мы зафиксировали сдвиг в сторону наименьшего значения. Это различие может объясняться рядом критических процедурных различий. В отличие от Т. Брэйди и Дж. Альвареса мы предъявляли зрительные ансамбли на очень краткое время, тогда как в референтном эксперименте у участников было достаточно времени, чтобы перевести взор несколько раз, в результате чего большинство членов ансамбля так или иначе оказывались в фовеальной области. В нашем эксперименте, как мы полагаем, большинство объектов из ансамбля воспринимались парафовеально, что могло привести к уменьшению видимого размера объектов на периферии (Newsome, 1972) и, как следствие, к смещению среднего размера в меньшую сторону от объективного среднего. Соответственно наблюдатели группировали свои суждения вокруг смещенного среднего. Тем не менее мы находим фундаментальное сходство между нашими результатами и результатами Т. Брэйди и Дж. Альвареса (Brady, Alvarez, 2011): представления об индивидуальных объектах, как правило, стремятся к «сжатию» вокруг глобального среднего.

Объекты теряют часть своей истинной вариативности и воспринимаются как более однородные. Кроме того, наши результаты демонстрируют, что степень этой видимой однородности растет вместе с увеличением количества объектов в ансамбле, поскольку вклад отдельных элементов в репрезентацию уменьшается. Наконец, степень воспринимаемой однородности индивидуальных членов множества также сильно повышается при распределенном внимании.

Полученные результаты являются важными для понимания закономерностей восприятия как ансамблей, так и индивидуальных объектов в ансамблях. Мы обнаружили, что при кодировании ансамбля и выведении сводной статистики зрительная система сохраняет некоторую информацию о свойствах отдельных элементов, благодаря которой их наличие в зрительной сцене продолжает осознаваться. С другой стороны, индивидуальные объекты унифицируются, что способствует восприятию целостного ансамбля. Унификация увеличивает кажущееся сходство между членами ансамбля, улучшает их группировку и способствует целостному восприятию. Соответственно, чем более похожи элементы между собой, тем более эффективно происходит статистический анализ множества (Agiely, 2001). При сфокусированном внимании, напротив, представления об индивидуальных объектах более точны и менее подвержены унификации, но влияние контекста в некоторой степени сохраняется, хотя и меньше, чем при распределенном внимании. По-видимому, непрерывное взаимодействие двух способов вос-

приятия индивидуальных объектов в ансамблях — с помощью сфокусированного и с помощью распределенного внимания — отвечает за гибкое

и не требующее усилий восприятие сцен и объектов различных уровней сложности и на различных уровнях обобщения (Treisman, 2006).

Литература

Alvarez G.A., Oliva A. Spatial ensemble statistics are efficient codes that can be represented with reduced attention // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. 106. 7345–7350.

Ariely D. Seeing sets: Representation by statistical properties // Psychological Science. 2001. 12. 157–162.

Brady T.F., Alvarez G.A. Hierarchical encoding in visual working memory: Ensemble statistics bias memory for individual items // Psychological Science. 2011. 22. 3. 384–392.

Chong S.C., Treisman A. Attentional spread in the statistical processing of visual displays // Perception and Psychophysics. 2005. 67. 1. 1–13.

He S., Cavanagh P., Intrilligator J. Attentional resolution and the locus of awareness // Nature. 1996. 383. 334–338.

Jonides J. Voluntary vs automatic control over the mind's eye's movement //

J.B. Long, A.D. Baddeley (eds). Attention and performance IX. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1981. P. 187–203.

Mack A., Rock I. Inattention blindness. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.

Navon D. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception // Cognitive Psychology. 1977. 9. 353–383.

Newsome L.R. Visual angle and apparent size of objects in peripheral vision // Perception and Psychophysics. 1972. 12. 300–304.

Parkes L., Lund J., Angelucci A., Solomon J.A., Morgan M. Compulsory averaging of crowded orientation signals in human vision // Nature Neuroscience. 2001. 4. 7. 739–744.

Pylyshyn Z.W., Storm R.W. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism // Spatial Vision. 1988. 3. 179–197.

Treisman A. How the deployment of attention determines what we see // Visual Cognition. 2006. 14. 411–443.